

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

"RECUPERACION DE UN SISTEMA HIDRAULICO CONTAMINADO CON AGUA SALADA, DE UN SUBMARINO DE LA ARMADA DEL ECUADOR"

INFORME TECNICO

Previa a la Obtención del Título de

INGENIERO EN MECANICA

Presentado por:

FREDDY H. LAPO I.

Guayaquil • Ecuador

Año

1 9 9 2

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. ERNESTO MARTINEZ

Director del Informe Tecnico, por su ayuda y colaboracion para la realizacion de este trabajo.

A la Srta.ALEJANDRA OCHOA

Por su colaboracion para la transcripcion de este informe.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

T R I B U N A L

ING. NELSON CEVALLOS
Decano de la Facultad de
Ingenieria en Mecanica

ING. ERNESTO MARTINEZ
Director del Informe Tecnico

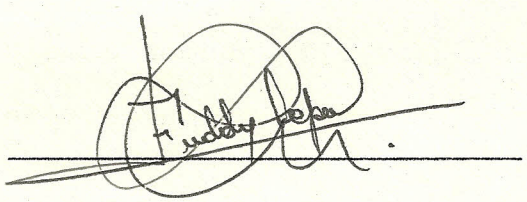
ING. FRANCISCO ANDRADE
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

Declaro que :

"Este Informe Tecnico corresponde a la resolucion de un problema practico , relacionado con el perfil profesional de la Ingenieria Mecanica ".

(Reglamento de Graduacion mediante la elaboracion de Informe Tecnico).



FREDDY H. LAPO I.

RESUMEN

El presente informe trata sobre el mantenimiento del sistema hidráulico de un submarino, contaminado con agua salada.

El capítulo uno contiene una introducción a la hidráulica, en la cual se trata sobre sus principios fundamentales: hidrostática e hidrodinámica; las formas de transmisión de la potencia; ventajas de la hidráulica respecto a las transmisiones mecánicas y eléctricas; además, se presentan tablas con los símbolos más utilizados en los planos hidráulicos.

El Capítulo dos contiene la descripción del sistema contaminado, presiones de trabajo, causa de la contaminación, inspección de equipos y accesorios. Se presentan las alternativas de solución y un análisis de cada una de ellas, en base a la cual se selecciona la óptima o más adecuada alternativa.

De acuerdo a ésta alternativa se seleccionan los equipos necesarios, tales como bombas, filtros, mangueras, etc., descritas en el capítulo tres.

Se describe luego el mantenimiento del sistema hidráulico contaminado, repuestos utilizados, trabajos ejecutados en los equipos, pruebas ejecutadas

individualmente y al sistema completo, y un análisis de costos del mantenimiento.

Se menciona ciertas recomendaciones para la selección de repuestos en base al fluido utilizado y presiones de trabajo.

La recuperación del sistema hidráulico fue dirigida por el autor de éste informe, teniendo una duración de dos meses. Después de realizados estos trabajos el sistema funciona en óptimas condiciones, y luego de haber transcurrido ocho meses no presenta ninguna novedad.

RECUPERACION DE UN SISTEMA HIDRAULICO CONTAMINADO DE UN SUBMARINO DE LA ARMADA DEL ECUADOR

RESUMEN 5

INDICE GENERAL 7

INDICE DE FIGURAS 10

INDICE DE TABLAS 11

ANTECEDENTES 12

CAPITULO # 1

INTRODUCCION A LA HIDRAULICA

1.1.- Principios de la energía hidráulica. 14

1.2.- Transmisión de Potencia hidráulica. 16

1.3.- Ventajas de la Hidráulica. 19

1.4.- Aceite Hidráulico. 20

1.5.- Simbolos Hidráulicos. 22

CAPITULO # 2

EVALUACION DEL SISTEMA HIDRAULICO CONTAMINADO

2.1.- Descripción del Sistema contaminado. 26

2.2.- Inspección de Equipos. 28

2.3.- Alternativas de solución. 37

2.4.- Selección de alternativa. 37

CAPITULO # 3

SELECCION DE EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO

3.1.- Introducción 40

3.2.- Selección de Bomba para limpieza. 40

3.3.- Selección de filtros y mangueras. 51

CAPITULO # 4

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

4.1.- Tuberías. 56

4.2.- Válvulas 61

4.3.- Acumuladores y depósitos. 65

4.4.- Actuadores. 69

4.5.- Pruebas 76

4.6.- Costo del mantenimiento 82

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 91

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

1.1.- Flujo Laminar 17

1.2.- Flujo Turbulento 18

2.1.- Planta Hidráulica 27

2.2.- Actuadores. 29

2.3.- Falla en el sello. 30

2.4.- Daño en las válvulas. 31

2.5.- Daño en las válvulas. 32

2.6.- Daños en los actuadores. 33

2.7.- Acumulador. 35

3.1.- Bombas de desplazamiento no positivo. 41

3.2.- Bombas de desplazamiento positivo. 42

3.3.- Bomba de engranajes. 45

3.4.- Bomba de tornillo. 46

3.5.- Bomba de paletas no equilibrada hidráulicamente. 48

3.6.- Bomba de paletas equilibrada hidráulicamente. 49

3.7.- Filtro Fawcet. 55

4.1.- Circuito de recirculación. 60

4.2.- Válvula de limitación de presión. 62

4.3.- Válvula reguladora de presión de acción directa. 64

4.4.- Válvula de paso: de bola. 67

4.5.- Válvula de paso: de cono. 68

4.6.- Remetalado de actuador. 73

4E Banco de pruebas con accesorios básicos. 94

4E Laboratorio de reparación y pruebas. 95

INDICE DE TABLAS

I	Símbolos hidráulicos.	23
II	Símbolos hidráulicos.	24
III	Símbolos hidráulicos.	25
IV	Condiciones de elementos durante la inspección.	36
V	Características de las mangueras SAE R2A.	53
VI	Valores F_a según solución utilizada.	75
VII	Análisis del aceite contaminado.	77
VIII	Análisis de la primera recirculación de aceite.	78
IX	Análisis de la segunda recirculación de aceite.	79
X	Análisis de la tercera recirculación de aceite.	80
XI	Hoja de recepción de equipos.	83
XII	Hoja de entrega de equipos.	84

ANTECEDENTES

En el año de 1978, la Armada del Ecuador adquiere su primer Submarino, cuyo mantenimiento se encarga a los Astilleros Navales Ecuatorianos, ASTINAVE.

En Julio de 1988 ingreso a laborar en ASTINAVE como Supervisor de Mantenimiento, siendo designado para ejecutar los planes de mantenimiento y/o reparación de los Submarinos.

Existen programas de mantenimiento preventivo que son ejecutados de acuerdo al tiempo de funcionamiento; se realiza también mantenimiento correctivo una vez detectada la falla.

A fines del año 1989, se empieza a notar pérdidas de aceite y presión en el sistema hidráulico, investigándose la causa se encontraron rayaduras en los actuadores, procediéndose a desarmar uno de ellos, encontrándose acumulaciones de sal y corrosión. Ante lo cual surge el problema de determinar el lugar por el cual se contaminaba el sistema y la forma de recuperar el óptimo funcionamiento.

Por lo que se me encarga la reparación del sistema hidráulico del buque; para lo cual se elabora un programa de trabajo que comprende la selección de métodos de trabajo, elementos de limpieza y piezas de reparación y/o recambio.

Por ello el presente informe tiene como objetivo explicar las formas de selección de:

- Bombas, mangueras y filtros para una adecuada limpieza de un Sistema Hidráulico contaminado.
- Sellos y retenedores a fin de obtener la estanqueidad necesaria.
- Trabajos a ejecutar para recuperar los actuadores averiados.

CAPITULO # 1

INTRODUCCION A LA HIDRAULICA

1.1 Principios de la energía Hidráulica

Hidrostática

La presión se origina cuando el caudal encuentra resistencia. La resistencia puede ser debida a la carga del actuador o a una restricción en las tuberías.

En hidráulica, la presión representa la fuerza que actúa por unidad de superficie. En la práctica se utiliza como unidad de presión el bar.

1 bar = 10 Pascal.

1 bar = 1.02 Kg/cm^2

1 bar = 0.99 ATM

1 bar = 14.54 PSI

Hidrodinámica

En hidráulica, el caudal caracteriza a la rapidez del movimiento. La fuerza puede transmitirse mediante presión únicamente, pero el caudal es esencial para producir un movimiento.

Caudal y caida de presión.- Cuando un líquido fluye tiene que existir un desequilibrio de fuerzas para originar el movimiento. Por consiguiente, cuando un líquido circula a través de una tubería de diámetro constante, la presión será siempre inferior en un punto más abajo de la corriente que en otro punto situado a contra corriente. Se requiere una diferencia de presiones, o caida de presión, para vencer el rozamiento en la línea.

REGIMEN LAMINAR Y TURBULENTO

Se dice que una circulación es laminar cuando el trayecto recorrido por el fluido no se ve perturbado por ninguna turbulencia importante. En una circulación de este tipo, las partículas que constituyen el fluido circulan paralelamente entre si.

Por oposición, se dice que una circulación es turbulenta cuando los filetes del fluido en circulación tienden a separarse con mayor o menor amplitud y rapidez. En una circulación de este tipo, el fluido se agita.

La naturaleza de una circulación se determina mediante un parámetro adimensional, que se conoce con el nombre de Número de Reynolds.

Una circulación es laminar cuando el número de Reynolds es inferior a 2.300 y es turbulenta cuando ese mismo número es mayor a 2.300.

El número de Reynolds se determina mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Vt \times D}{Ve}$$, donde

R = Número de Reynolds

Vt = Velocidad de circulación del fluido en cm/s

D = Diámetro de la canalización en cm.

Ve = Viscocidad cinemática en stokes.

1.2 Transmisión de Potencia Hidráulica

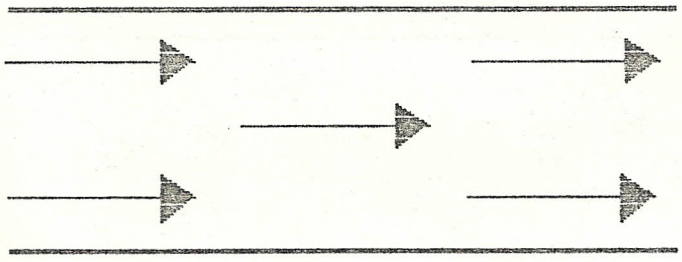
Cuando se ejerce una fuerza a lo largo de una distancia, se realiza un trabajo, pero si este es realizado en una Unidad de tiempo, entonces obtenemos la potencia.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Distancia}}{\text{Tiempo}} = \text{Fuerza por Velocidad}$$

En un sistema hidráulico la velocidad queda indicada por el caudal, y la fuerza, por la presión. De esta forma podemos expresar la potencia hidráulica como sigue:

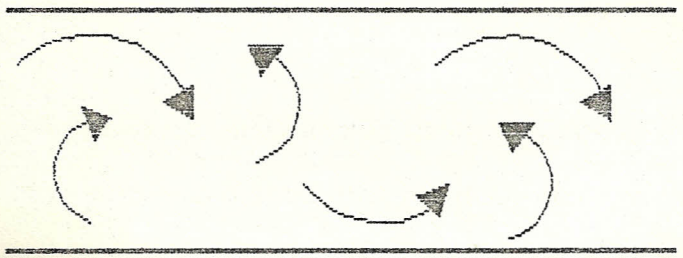
$$\text{Potencia} = \text{presión} \times \text{caudal}$$

$$P\ (kw) = \frac{p\ (bar) \times Q\ (l/min)}{600}$$



FLUJO LAMINAR

INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Tipos de flujo	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 1 . 1
E :	Fecha



FLUJO TURBULENTO

INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Tipos de flujo	
Dibujó : F. LAFO	Figura # : 1 . 2
E :	Fecha

1.3 Ventajas de la Hidráulica

Velocidad variable

La mayoría de los motores eléctricos funcionan a una velocidad constante. El actuador de un sistema hidráulico, sin embargo, puede moverse a velocidades infinitamente variables, variando el suministro de la bomba o usando una válvula de control de caudal.

Reversibilidad

Pocos accionadores primarios son reversibles. Los que son reversibles, generalmente deben desacelerarse hasta una parada completa antes de invertirlos.

Una actuador hidráulico puede invertirse, instantáneamente, en pleno movimiento, sin problemas.

Protección contra las sobrecargas

La válvula limitadora de presión de un sistema hidráulico lo protege contra las sobrecargas. Cuando la carga es superior al taraje de la válvula, el caudal de la bomba se dirige al depósito limitando el par o la fuerza de salida.

Tamaños Pequeños

Los componentes hidráulicos, debido a su elevada velocidad y capacidad de presión, pueden proporcionar una potencia de salida elevada con pesos y tamaños pequeños.

Pueden bloquearse

El bloqueo de un motor eléctrico causa daños o funde el fusible. Igualmente, las máquinas no pueden bloquearse bruscamente e invertirse su sentido sin necesidad de arrancar de nuevo. Un actuador hidráulico, sin embargo, puede quedar bloquedo sin que se produzcan daños, al estar sobrecargado, y arrancará inmediatamente en cuanto disminuya la carga.

Durante el bloqueo, la válvula de seguridad simplemente dirige el caudal de la bomba al depósito. La única pérdida experimentada es la potencia que se disipa inútilmente.

1.4 Aceite Hidráulico

La selección y el cuidado que se tenga con el fluido hidraulico de una máquina tienen un efecto importante sobre su funcionamiento y sobre la duración de sus componentes hidráulicos.

Objetivos del Fluido

Transmisión de Potencia.- Como medio transmisor de potencia, el fluido, debe circular fácilmente por las líneas y orificios de los elementos. Demasiada resistencia al flujo origina pérdidas de potencia considerables. El fluido también debe ser lo más incomprensible posible, de forma que cuando se ponga en marcha una bomba o cuando se actúe una válvula, la acción sea instantánea.

Lubrificación.- En la mayoría de los elementos hidráulicos, la lubricación interna la proporciona el fluido. Para que la duración de los componentes sea larga, el aceite debe contener los aditivos necesarios para asegurar buenas características antidesgaste.

Estanqueidad.- En muchos casos, el fluido es el único cierre contra la presión dentro de un componente hidráulico. El ajuste mecánico y la viscosidad del aceite determinan el porcentaje de las fugas.

Enfriamiento.- La circulación del aceite a través de las líneas y alrededor de las paredes del depósito disipa parte del calor generado en el sistema.

Requerimiento de calidad

- Impedir la oxidación;
- Impedir la formación de lodo, goma y barniz;
- Reducir la formación de espuma;
- Mantener su propia estabilidad y, por consiguiente, reducir el costo del cambio de fluido;
- Impedir la corrosión y formación de picaduras;
- Separar el agua;
- Compatibilidad con cierres y juntas;

Propiedades del fluido

Viscocidad.- Es la medida de la resistencia del fluido a la circulación del mismo.

Punto de fluidez.- Es la temperatura más baja a la que un líquido puede fluir.

1.5 Simbolos Hidráulicos

Los símbolos más utilizados en los planos hidráulicos, se muestran en la tabla I, II y III a continuación:

TABLA # 1

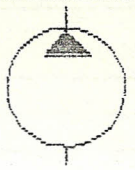
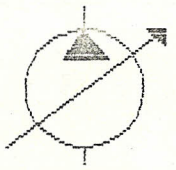
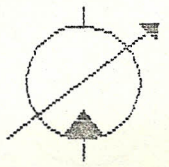
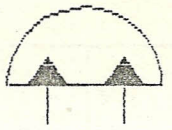
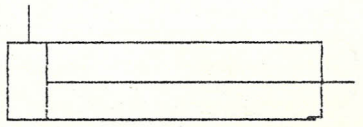
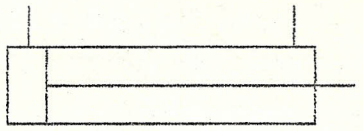
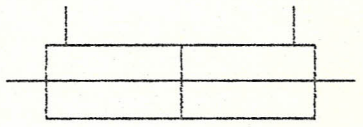
Bomba simple de desplazamiento fijo	
Bomba simple de desplazamiento variable	
Motor rotativo de desplazamiento fijo	
Motor rotativo de desplazamiento variable	
Motor oscilante	
Cilindro de simple efecto	
Cilindro de doble efecto	
Cilindro de doble vastago	

TABLA # II

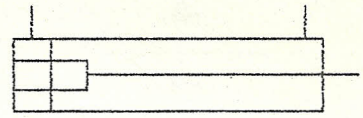
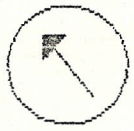
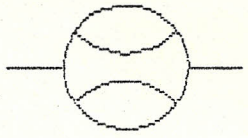
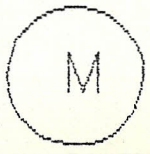
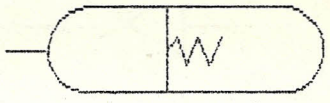
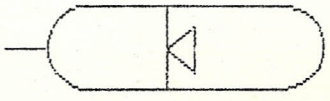
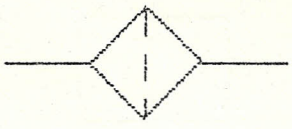
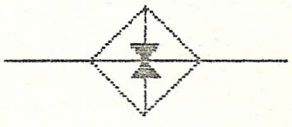
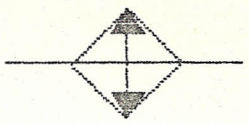
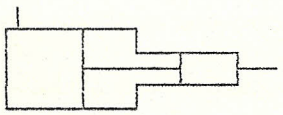
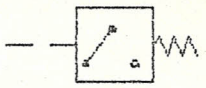
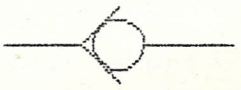
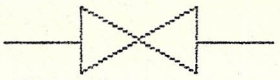
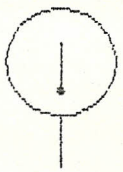
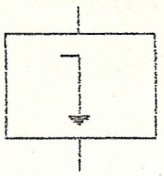
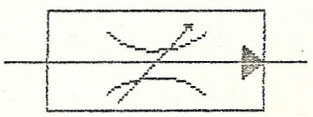
Cilindro con amortiguadores	
Manometro	
Caudalimetro	
Motor electrico	
Acumulador de muelle	
Acumulador de gas	
Filtro o colador	
Calentador	

TABLA # III

Refrigerador	
Multiplicador de presion	
Presostato	
Valvula antirretorno	
Valvula de paso manual	
Termometro	
Regulador de Presion	
Regulador de caudal,caudal variable	

CAPITULO # 2

EVALUACION DEL SISTEMA HIDRAULICO CONTAMINADO

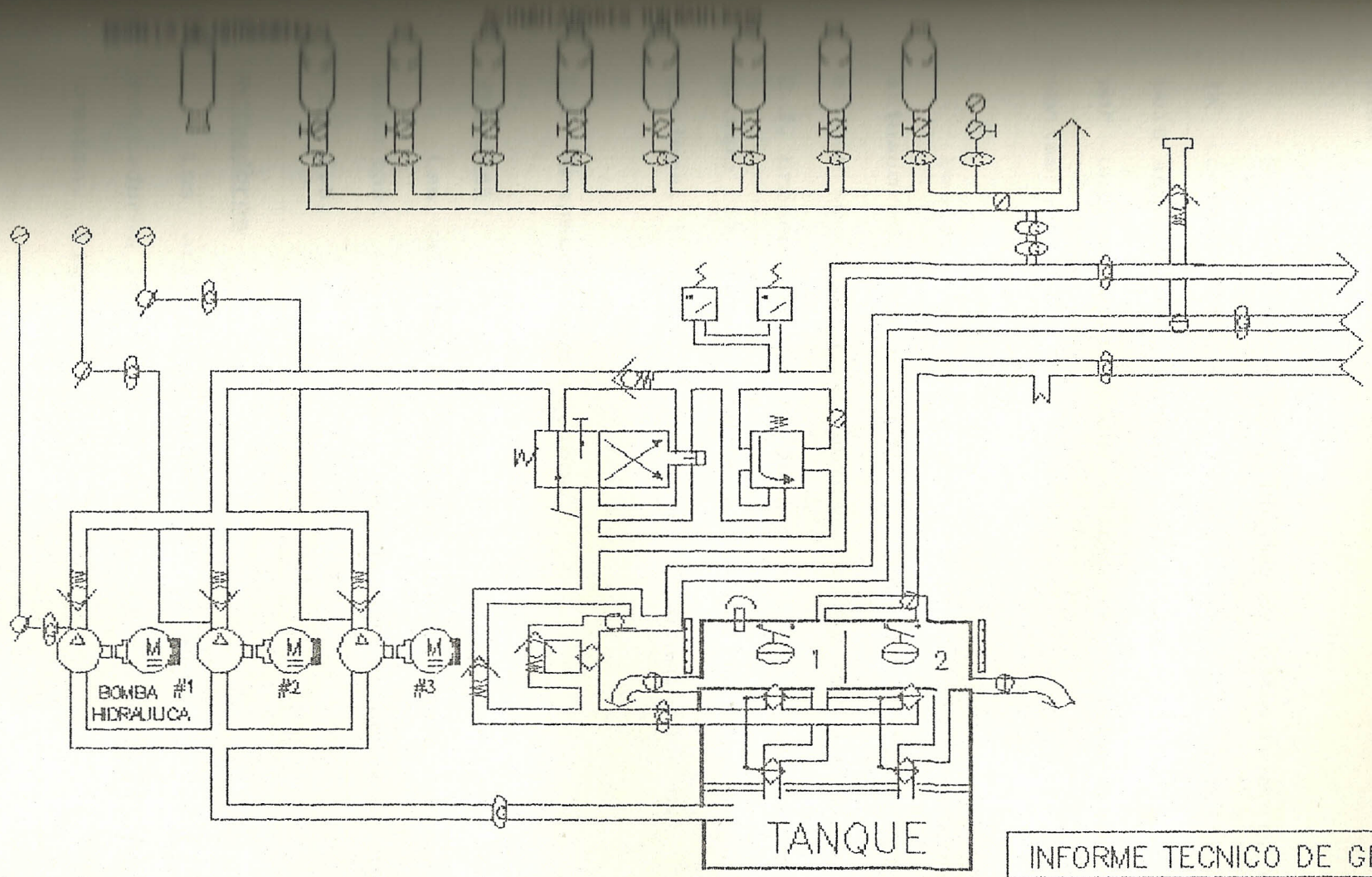
2.1 Descripción del sistema contaminado

Este sistema está formado por tres bombas de tornillo, formando un circuito hidráulico en paralelo y que actúan independientemente; ocho acumuladores de gas, veinte y dos actuadores, cuatro filtros y ciento ochenta y dos válvulas de distintos tipos.

En la figura 2.1, se muestra un esquema de la distribución de ésta planta cuya operación a presión máxima es de 80 bar.

Este sistema es utilizado para izado y arreado de estibas, accionamiento de planos, apertura de tapabocas y accionamiento de motores para carga y estiba de torpedos.

Las fallas que se presentaron en este sistema fueron pérdida de aceite y pérdida de presión. Procediéndose a verificar las tuberías del circuito, encontrándoselas retacas; pero al inspeccionar los actuadores se encontró que presentaban rayaduras a pesar de estar protegidos exteriormente, debido a lo cual se procedió a desarmar uno



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Planta Hidraulica	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 2 . 1
E :	Fecha

de ellos, encontrándose presencia de acumulaciones de sal, agua y corrosión.

Surge entonces el problema de determinar el origen de la contaminación del sistema; pero, al existir solamente seis actuadores que cruzan el casco resistente, fig. 2.2, por uno o varios de ellos se estaba produciendo la contaminación.

Debido a lo cual se procede a desarmar estos actuadores, encontrándose en uno de ellos, en el sitio en el que se conecta la camisa con el casco resistente, fig. 2.3, presentaba rotura de los anillos "O", debido a lo cual cuando la presión hidrostática del mar era mayor a la del sistema, ingresaba agua salada contaminándolo.

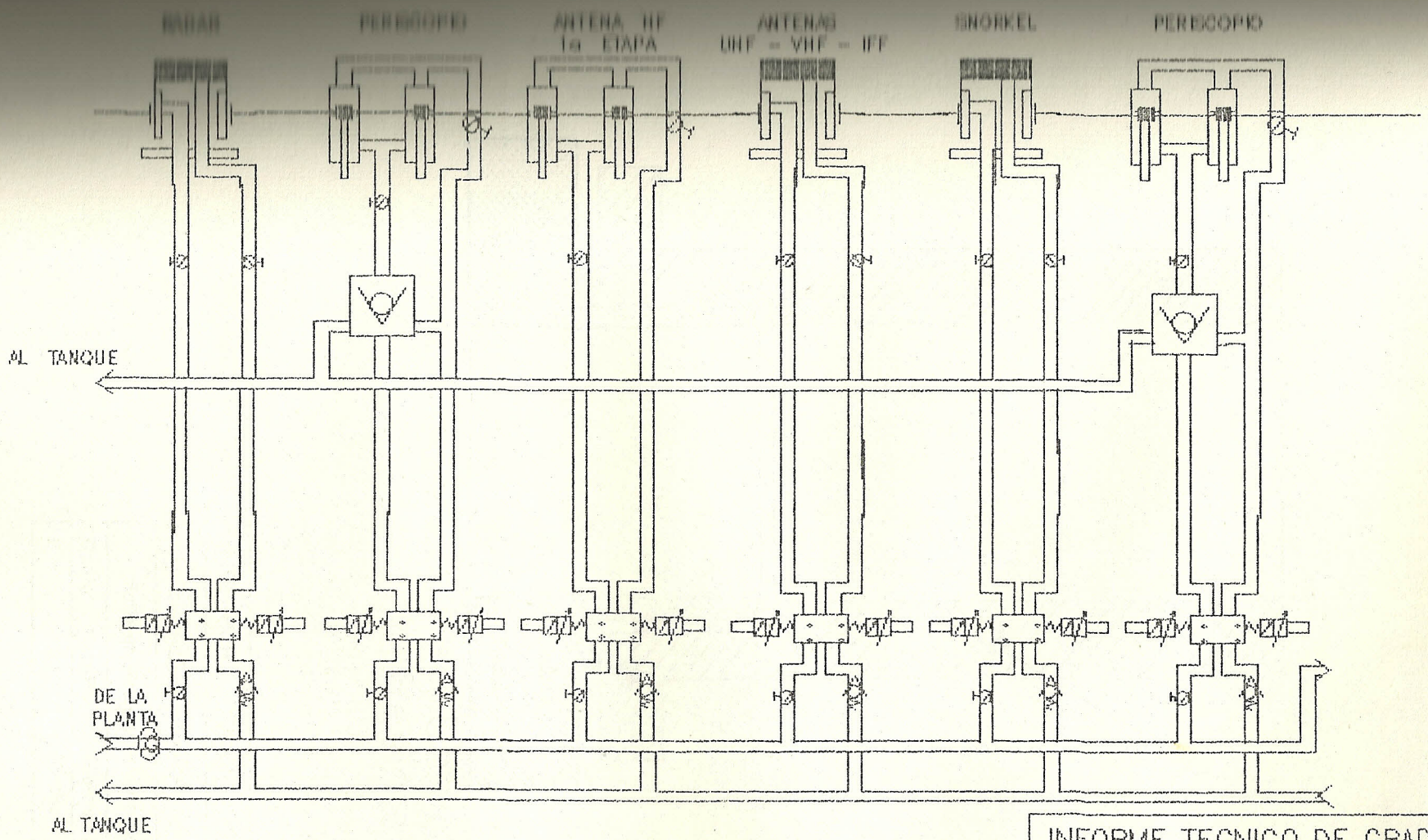
2.2 Inspección de equipos

Válvulas

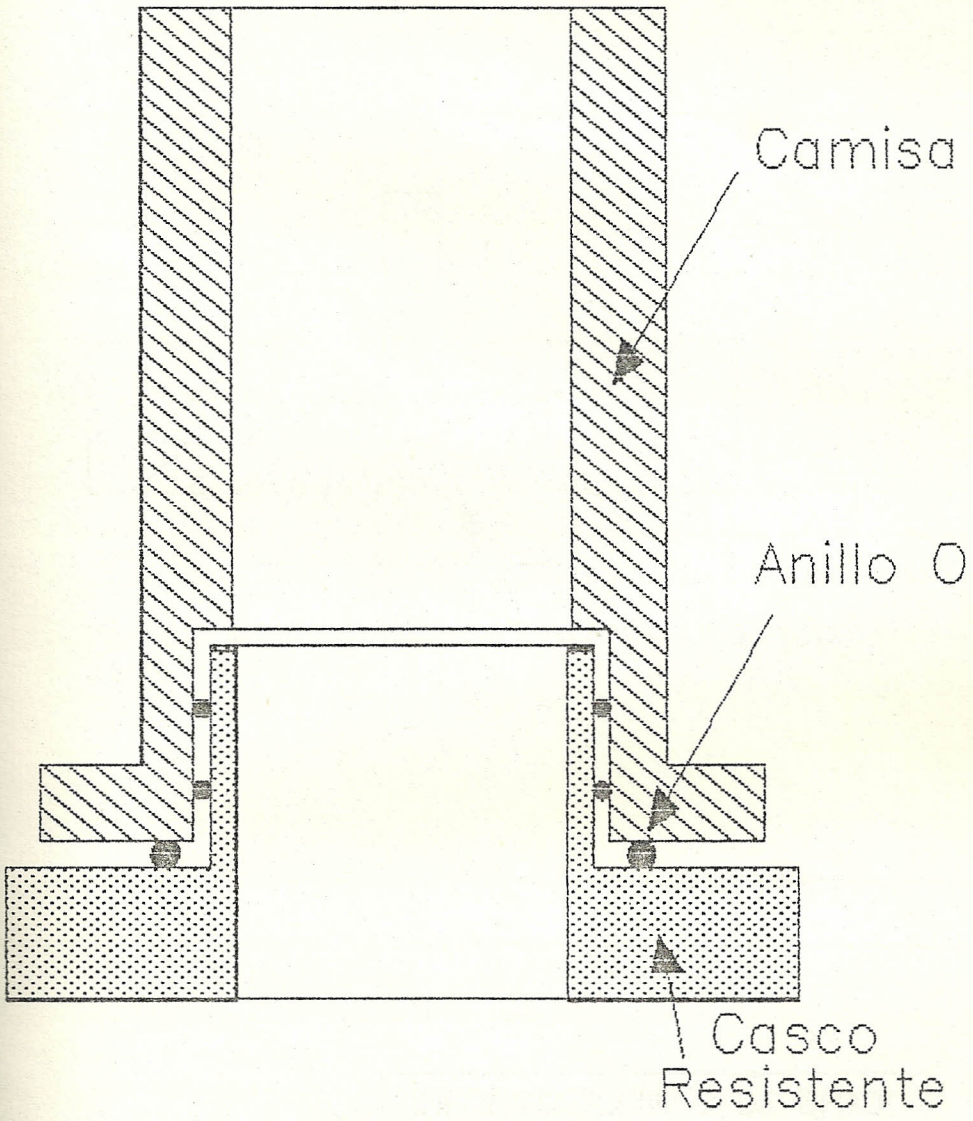
Las válvulas presentaban inestanqueidad por cuanto sus asientos presentaban rayadura o picadura. Fig. 2.4 y Fig. 2.5.

Actuadores

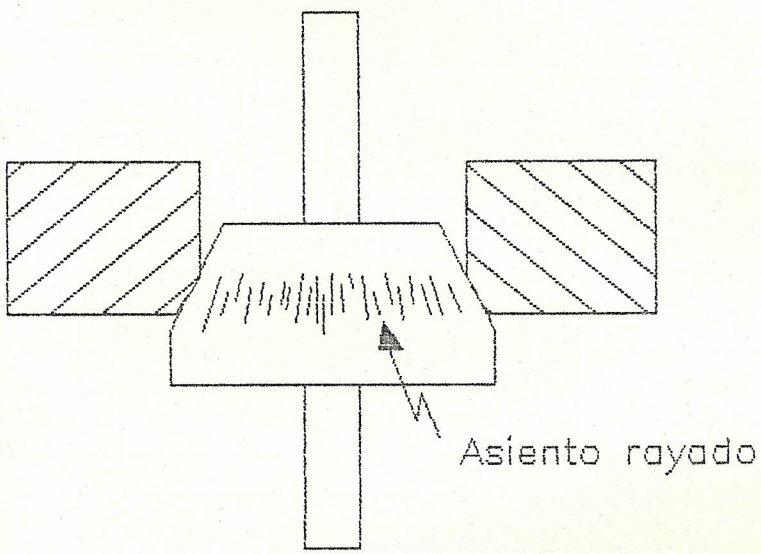
Los actuadores presentan rayaduras y fisuras en los retenedores debido a lo cual se producían pérdidas de presión. Fig. 2.6.



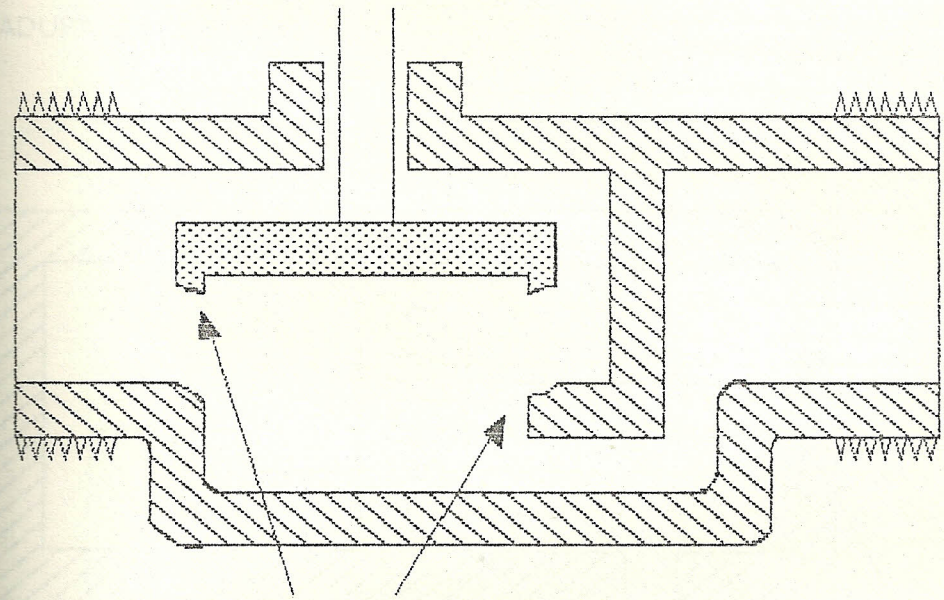
INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Actuadores que cruzan el casco resistente	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 2.2
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Falla en el eletema de sellado	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 2 . 3
E :	Fecha

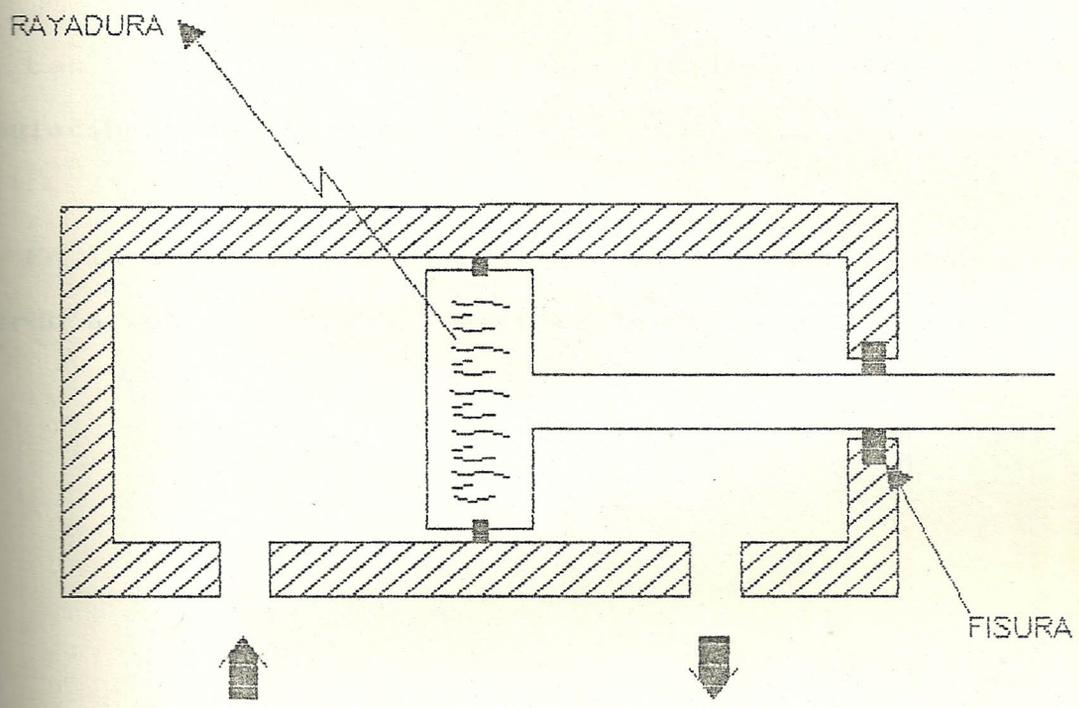


INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Danos en las Valvulas	
Dibujo : F. LAFO	Figura # : 2 . 4
E :	Fecha



Picaduras en el asiento

INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Danos en las valvulas	
Dibujó : F. LAFO	Figura # : 2 . 5
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Actuadores	
Figura # : 2 . 6	Dibujo : F. LAFO
Fecha	E :

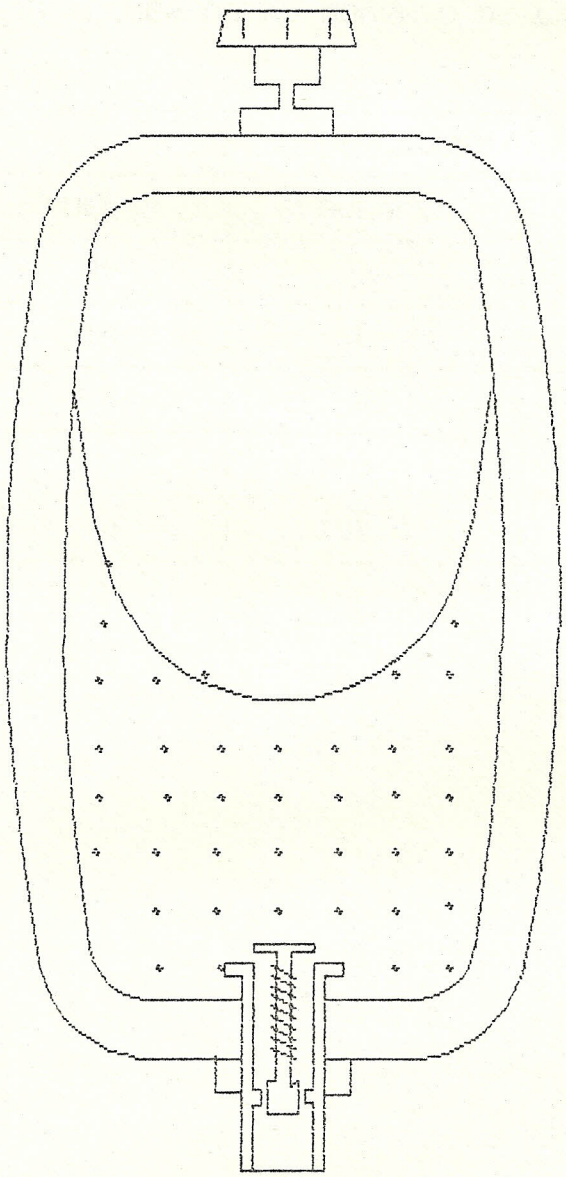
Acumuladores y depósitos

Los acumuladores no presentaban daño alguno, por el contrario los depósitos presentaban formaciones de óxidos. Fig. 2.7.

Tuberías y mangueras

Las tuberías y mangueras flexibles presentaban acumulaciones de sal y oxidaciones.

En la tabla IV, se indica la cantidad de elementos, de acuerdo a sus condiciones el momento de la inspección:



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Acumulador	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 2.7
E :	Fecha

TABLA IV

CUADRO DESCRIPTIVO DE LAS CONDICIONES EN QUE SE ENCONTRABAN LOS ELEMENTOS AL MOMENTO DE LA INSPECCION

ELEMENTOS	CONDICIONES		
	BUENAS	REGULARES	DANADAS
VALVULAS	49	97	36
ACTUADORES	14	8	0
ACUMULADORES	8	0	0
FILTROS	0	3	1
MANGUERAS	0	TODAS	0

2.3 Alternativas de solución

A fin de recuperar este sistema, se analiza las posibilidades de realizar el trabajo en el Astillero en el cual fue construido el Submarino o realizarlo en ASTINAVE.

En el cuadro No. 1 se muestra una comparación de las ventajas y desventajas para realizar el trabajo en los dos Astilleros:

CUADRO No. 1

CUADRO COMPARATIVO ENTRE UN ASTILLERO EXTRANJERO Y ASTINAVE

ASTILLERO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EXTRANJERO	- Repuestos inmediatos - Conocimiento del sistema - Equipos para pruebas	- Separar cupo con 3 años de anticipación. - Costo.
ASTINAVE	- Ejecución inmediata - Personal Capacitado - Repuestos en bodega	- Falta de banco de pruebas. - Conocimiento incompleto del sistema.

2.4 SELECCION DE ALTERNATIVA

Debido a que era necesario ejecutar el trabajo lo más rápido posible y existiendo el personal capacitado y un

aceptable stock de repuestos en bodega, además de costo y herramientas disponibles, se decidió realizar el trabajo en ASTINAVE.

Dentro de esta alternativa también existen dos posibilidades de recuperar el sistema y que son mostradas en el cuadro No. 2 con sus respectivas ventajas y desventajas.

CUADRO No. 2

ALTERNATIVAS DE TRABAJOS A REALIZARSE EN ASTINAVE

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cambio completo de equipos y tuberias	- Seguridad de que el sistema queda completamente limpio.	- No existen equipos completos en bodega. - En mercado local no existe tubería cobre, niquel en medidas adecuadas. - Pedir al extranjero con 6 meses de anticipación. - Costo.
Limpieza de tuberías y cambio de válvulas, actuadores y acumuladores.	Existencia de: - Repuestos para estos equipos. - Taller con herramientas para estos trabajos.	- Falta de banco de pruebas.

El submarino no podía quedar inhabilitado durante el tiempo que tardaba la importación de los equipos desde el exterior, además de la dificultad que representa cambiar las cañerías por cuanto hay que retirar muchos equipos; influenciaron para que la alternativa seleccionada sea el cambio de partes dañadas de las válvulas, acumuladores y actuadores.

Además, se optó por realizar la limpieza de las cañerías por medio de recirculación del mismo fluido con régimen turbulento.

CAPITULO # 3

SELECCION DE EQUIPOS PARA LIMPIEZA DE TUBERIAS

3.1 Introducción

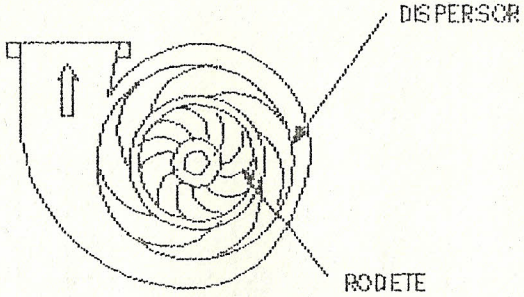
La limpieza de este circuito se realiza haciendo recircular aceite del mismo tipo utilizado. Para ello es necesario disponer de una bomba con capacidad suficiente para vencer la resistencia de las tuberías y además provea un flujo turbulento.

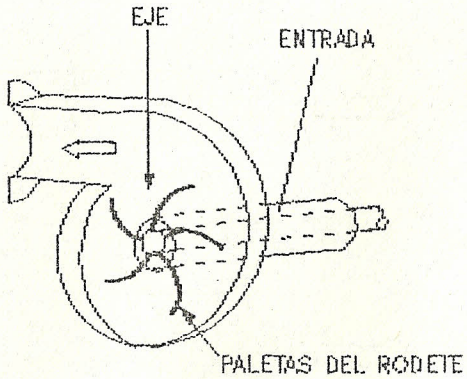
Es necesario un depósito con capacidad 1.5 veces la capacidad del circuito, filtros a la salida y retorno al depósito. Además se debe tener una válvula para toma de muestras antes del filtro de retorno.

3.2 Selección de bomba

Existen dos tipos de bombas:

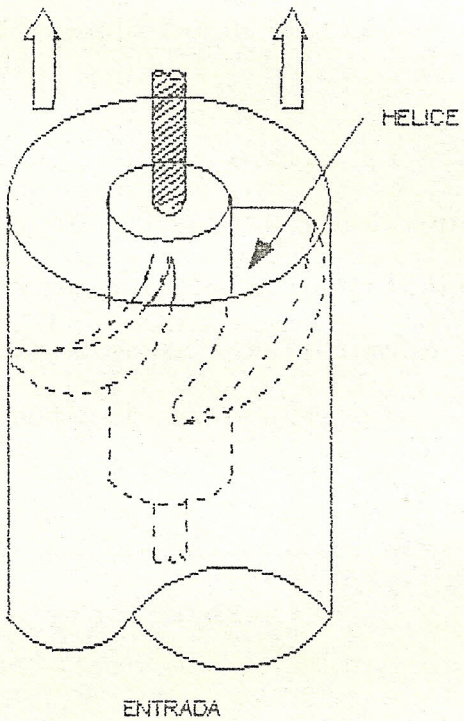
Bombas Hidrodinámicas.- Las bombas hidrodinámicas o de desplazamiento no positivo tales como los tipos centrífugas o de turbina, funcionan mediante la fuerza centrífuga, según la cual el fluido, al entrar por el centro del cuerpo de la bomba, es expulsado hacia el exterior por medio de un impulsor que gira rápidamente. No existe ninguna separación entre los orificios de entrada y salida, y su capacidad de presión depende de la velocidad de rotación.





TIPOS CENTRIFUGOS

INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bombas de desplazamiento no positivo	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3 . 1
E :	Fecha



TIPO AXIAL

INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bombas de desplazamiento no positivo	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3 . 2
E :	Fecha

Aunque estas bombas suministran un caudal uniforme y continuo, su desplazamiento disminuye cuando aumenta la resistencia a la salida; pudiendo llegar a ser nulo.

Es por esta razón que las bombas centrífugas fueron descartadas para el lavado de este sistema.

Bombas Hidrostáticas.- Como indica su nombre, las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo suministran una cantidad determinada de fluido en cada carrera, revolución o ciclo. Su desplazamiento, exceptuando las pérdidas por fugas, es independiente de la presión de salida.

En este tipo de bombas encontramos las bombas de engranajes, tornillo y de paletas.

La selección de uno de estos tipos de bomba depende de la presión que se tendrá en el sistema, la cual tendrá que ser alta debido a la existencia de cafferías de hasta 5 mm de diámetro.

Bomba de engranajes.-

Una bomba de engranages suministra un caudal, transportando el fluido entre los dientes de dos engranajes bien acoplados.

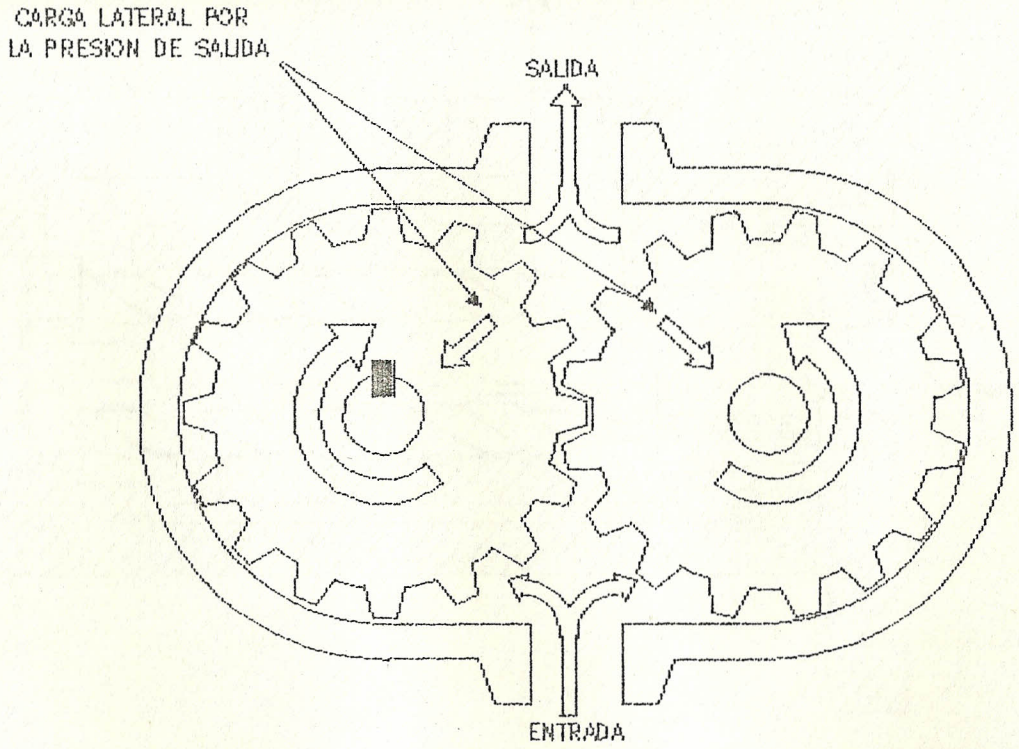
Los engranajes giran en direcciones opuestas, creando un vacio parcial en la cámara de entrada de la bomba. El fluido se introduce en el espacio vacío y es transportado a la cámara de salida. La alta presión existente a la salida de la bomba impone una carga no equilibrada sobre los engranajes y los cojinetes que los soportan. Debido a lo cual son diseñados para trabajos a baja presión.

Por esta razón no resulta adecuada para la limpieza de este sistema.

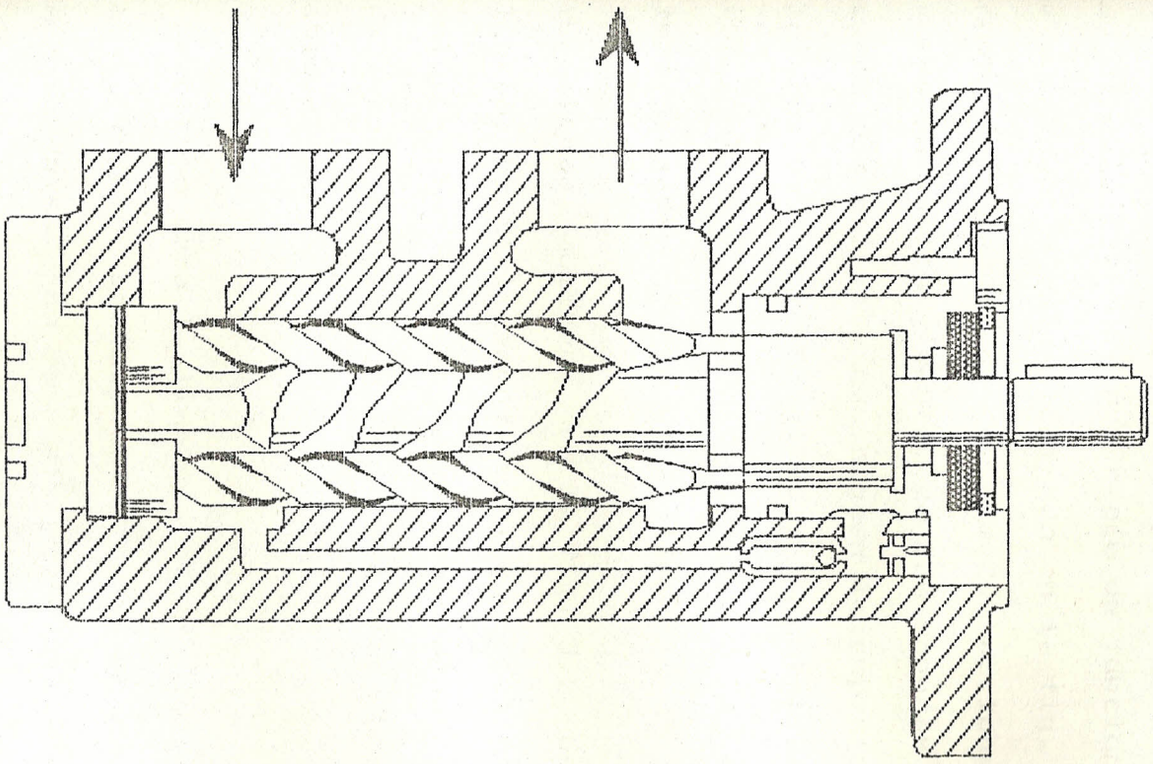
Bomba de tornillo.- Este tipo de bomba está emparentada con la bomba de engranajes.

Están formados por un tornillo central y por unos tornillos satélites de menores dimensiones, colocados en un cilindro. Fig. 3.4. Si el tornillo central tiene la hélice a derecha, los tornillos satélites llevan paso a izquierdas.

El paso del aceite desde la alimentación hasta la salida se hace de forma lineal entre el cilindro y los filetes de rosca de los tornillos satélites. Así, pues, el tornillo central es el que absorve la totalidad de la potencia de accionamiento.



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bomba de engranajes	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3.3
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bomba de Tornillo	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3.4
E :	Fecha

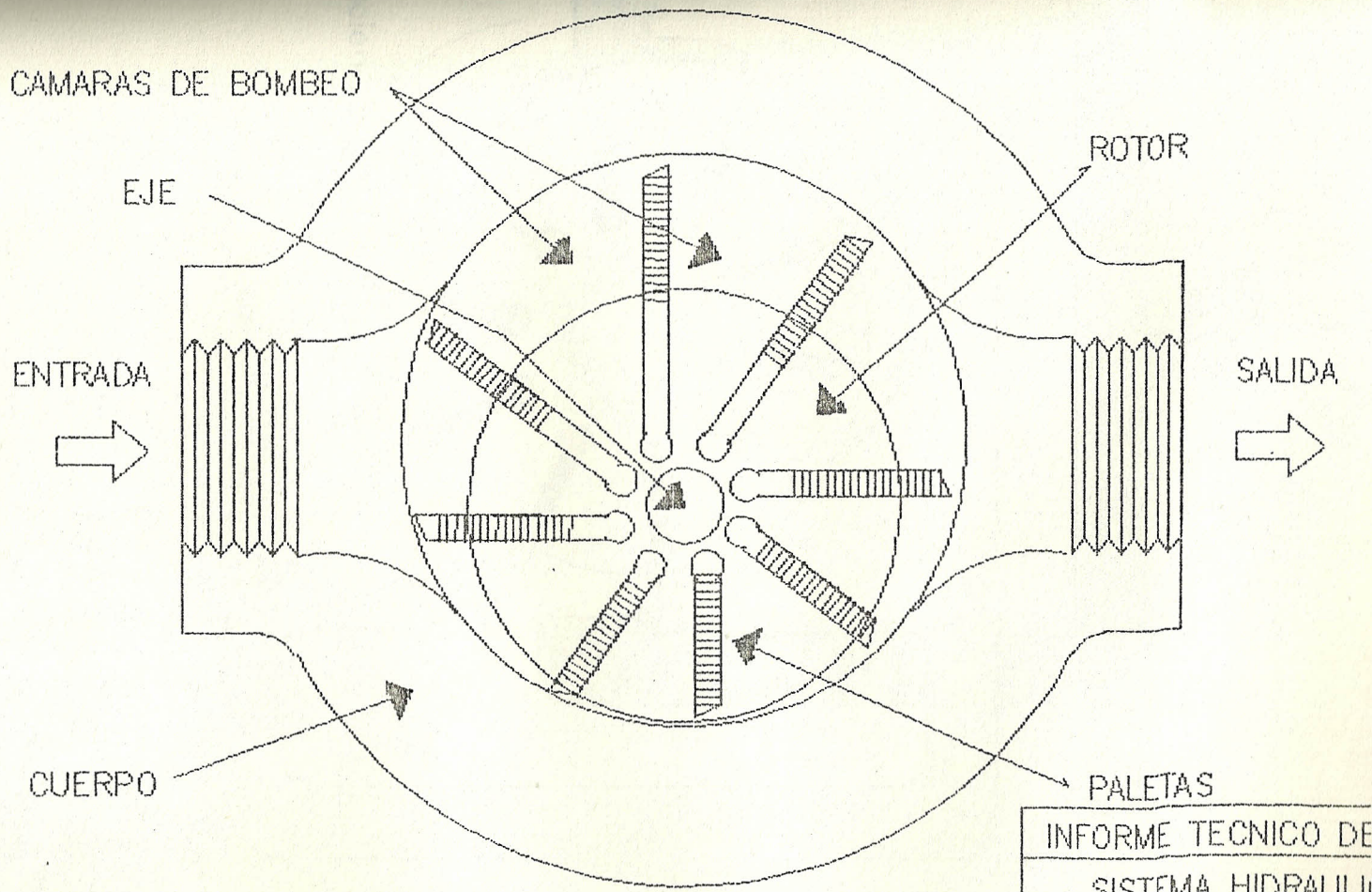
La ventaja de este tipo de bomba es que son de gran altura de aspiración, altas velocidades y presiones, y caudal de salida uniforme.

Razones por las cuales este tipo de bomba si es factible de utilizar para la limpieza del sistema.

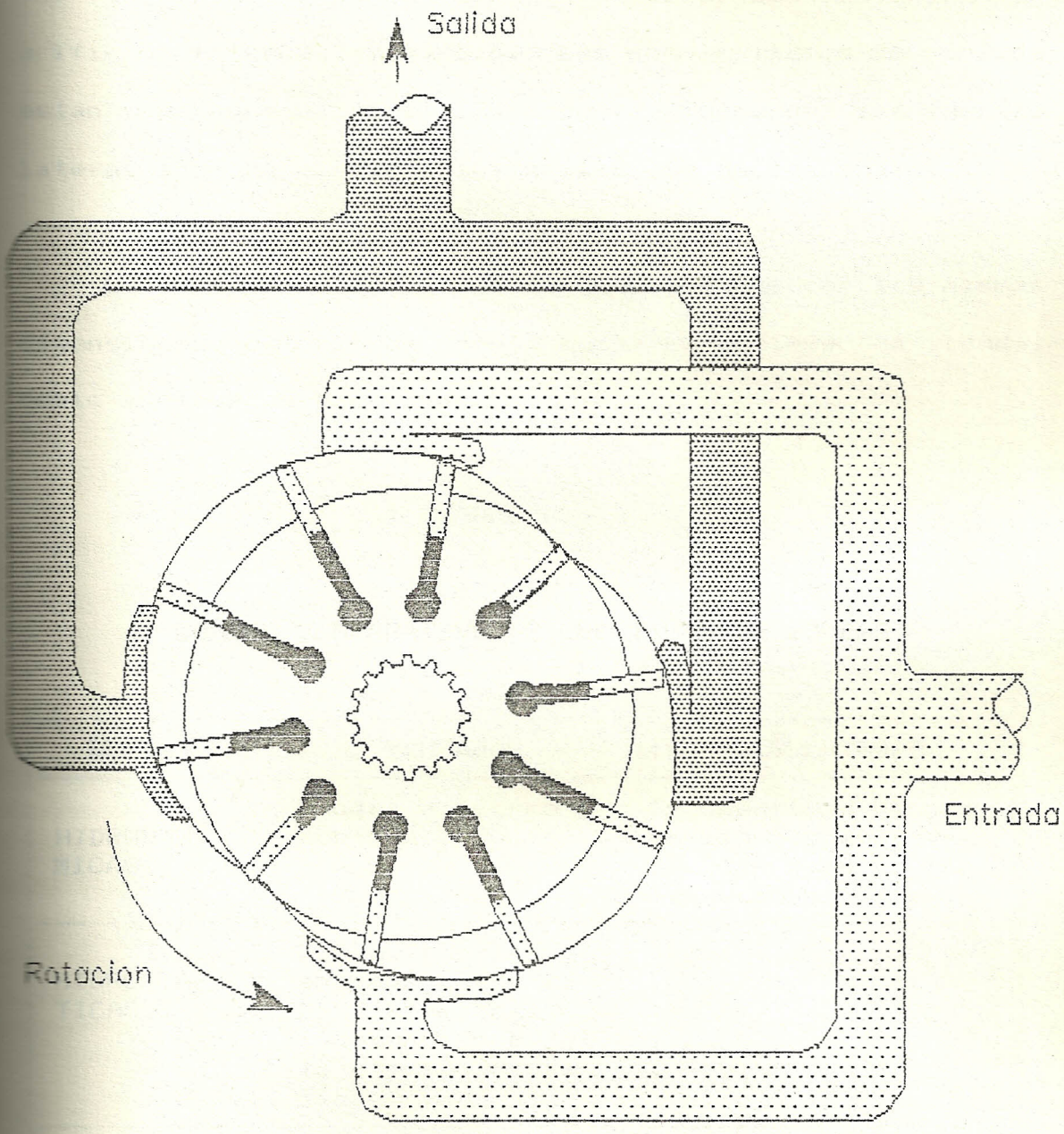
Bomba de paletas.- El principio de funcionamiento de una bomba de paletas está ilustrado en la fig. 3.5. Un rotor ranurado está acoplado al eje de accionamiento y gira dentro de un anillo. Dentro de las ranuras del rotor están colocados las paletas, que siguen la superficie interna del anillo cuando el rotor gira. La fuerza centrifuga y la presión aplicada en la parte inferior de las paletas las mantiene apoyadas contra el anillo.

La bomba mostrada en la fig. 3.5 es del tipo no equilibrada hidráulicamente y el eje está sometido a cargas laterales, procedentes de la presión que actúa sobre el rotor. Este diseño se aplica a las bombas de caudal variable.

Pero como para la limpieza del sistema necesitamos un caudal fijo analizamos la bomba equilibrada hidráulicamente. En este diseño el anillo es elíptico en



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bomba de paletas no equilibrada hidraulicamente	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3 . 5
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Bomba de Paletas equilibrada hidraulicamente	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3 . 6
E :	Fecha

vez de circular, lo que permite utilizar dos conjuntos de orificios internos, fig. 3.6. Los dos orificios de salida están separados entre sí 180 de tal forma que las fuerzas laterales sobre el eje y los anillos se anulan entre sí.

La ventaja de este tipo de bomba es que con las mismas dimensiones exteriores de la bomba se obtiene un caudal doble a elevadas presiones.

CUADRO No. 3

CUADRO COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE BOMBAS

BOMBAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
HIDRODINAMICAS	- Caudal uniforme y continuo.	- Capacidad de presión depende de velocidad de rotación.
HIDROSTATICAS.	- Caudal constante en cada carrera. - Desplazamiento independiente de la presión de salida.	

CUADRO No. 4

CUADRO SELECTIVO DE BOMBAS HIDROSTATICAS

BOMBAS HIDROSTATICAS DE:	VENTAJAS	DESVENTAJAS
HIDRODINAMICAS	- Caudal constante	- Para baja presión debido a carga no equilibrada en engranajes y cojinetes.
TORNILLO	- Gran altura de aspiración. - Altas velocidades. - Caudal uniforme.	
PALETAS DOBLES	- Con iguales dimensiones ext. de la bomba se obtiene caudal doble. - Elevadas presiones.	

Por lo tanto, considerando las ventajas y desventajas mostradas en los cuadros No. 3 y 4, se selecciona una bomba hidrostática de doble paleta que nos permite obtener elevadas presiones y gran caudal con dimensiones pequeñas de la bomba.

3.3 Selección de filtros y mangueras

Las mangueras y filtros que se utilizan para la limpieza del Sistema, deberán tener las siguientes características:

- Que sean compatibles con el elemento circulante para la limpieza.
- La superficie interior por la cual circula el fluido esté lisa y no presente mal formaciones sean estas por el uso o falla de su fabricación.
- La capacidad de resistencia de presión tiene que ser superior a la presión del flujo interior.

Considerando que el fluido a utilizarse para la limpieza es aceite, se necesita que las mangueras tengan recubrimiento interior de vitrilo, neopreno o caucho sintético.

La presión de trabajo para la limpieza será alrededor de 80 bar, seleccionamos una manguera SAE 100 - R2A, según indica la Tabla V, que tiene doble trenzado metálico, forro interior de neopreno, diámetro interior de 1 1/2", diseñada para una presión de trabajo de 90 bar y presión de rotura de 360 bar.

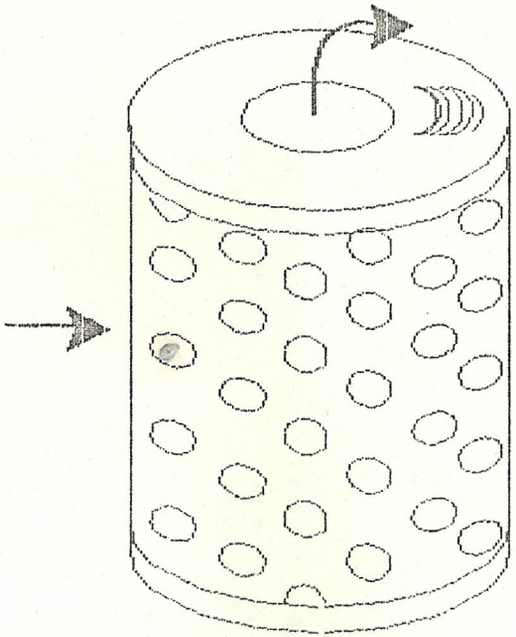
Para seleccionar el tipo de filtros se tomó una muestra de aceite contaminado y se encontraron impurezas de hasta 8 micras, no se encontraron impurezas ferrosas por lo tanto no es necesario utilizar filtros magnéticos.

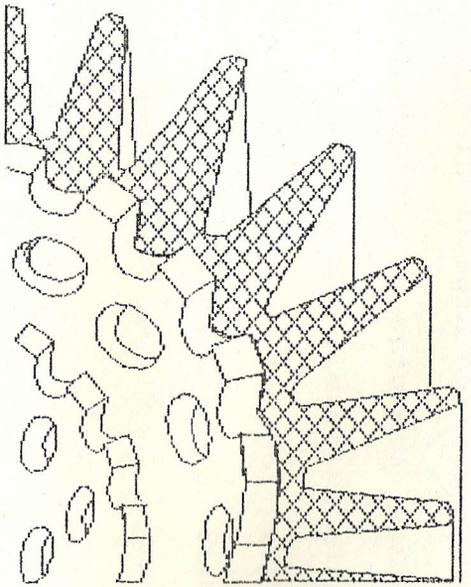
TABLA V

CARACTERISTICAS DE LAS MANGUERAS HIDRAULICAS TIPO SAE R2A

INTERIOR		INTERIOR	PRESION (bar)	
m.m.	plg.	mm	TRABAJO	ROTURA
7.95	5/16	19 ± 0.5	330	1350
12.70	1/2	24.5 ± 0.5	250	1020
19.10	3/4	31.8 ± 0.75	170	675
25.40	1	39.7 ± 0.75	150	600
31.70	1 1/4	50.8 ± 0.75	110	450
38.10	1 1/2	57.1 ± 1	90	360
50.80	2"	69.8 ± 1	80	315

Por ello se seleccionó filtros Fawcet (existentes en el mercado local) Fig. 3.7 y que están formados por un emparrillado metálico plegado y por un elemento de papel plegado, a base de celulosa impregnado en resina, y que filtran impurezas de hasta 10 micras.





INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Filtro Fawcet	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 3.7
E :	Fecha

CAPITULO # 4

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

4.1 Tuberías

Las tuberías, tanto rígidas como flexibles, sirven para transportar la energía suministrada por la bomba, hacia el receptor o los receptores. Tanto si se trata de una tubería rígida o de una flexible, el caudal define la sección de la tubería. Sin embargo, para un mismo caudal pueden resultar secciones diferentes, dependiendo de las velocidades adoptadas para la circulación del fluido.

Es por ello que para la limpieza de las tuberías por recirculación de aceite, es necesario considerar el diámetro de cada uno de ellos a fin de obtener un flujo de régimen turbulento.

En este sistema hidráulico existen de cinco diámetros diferentes, a saber:

Diámetro Exterior m.m.	Espesor m.m.	Diámetro Interior m.m.	Presión de Trabajo Kg/cm2	Presión de Prueba Kg/cm2
6	1	4	45	450
10	1	8	25---40	350
20	1.5	17	30---60	250
30	2	26	45---80	200
45	2	41	80	180

El aceite a utilizarse para la recirculación es SHELL TELLUS T27, cuyas características son las siguientes:

Gravedad especifica	@ 15/4 oC	0.873
Punto de inflamación	oC	220
Punto de fluidez	oC	- 45
Viscosidad	40oC	47
Cinemática cst.	100oC	7.1
Indicador de viscosidad		160

Para obtener flujo turbulento, el número de Reynolds debe ser superior a 2350 y si además conocemos el diámetro de las tuberías y la viscosidad cinemática del fluido, podemos calcular el caudal necesario para la limpieza de las tuberías.

$$R = \frac{Vt \times D}{Vc} \qquad (1)$$

$$Q = A \times Vt \qquad (2)$$

Donde:

Vt = Velocidad del fluido en cm/seg
D = Diámetro de la tubería en cm
Vc = Viscosidad cinemática en stokes
Q = Caudal en cm3/seg

Despejando de 1 y 2 Vt, obtenemos

$$Vt = \frac{R \; Ve}{D} \qquad Vt = \frac{Q}{A}$$

Igualando $\frac{Q}{A} = \frac{RVc}{D}$

Deseamos conocer el caudal

$$Q = \frac{RVc\ A}{D}$$

Area de un circulo igual $A = \pi\ D2/4$, entonces:

$$Q = RVc\ \pi\ D/4 \qquad (cm3/seg)$$

Entonces podemos calcular el flujo necesario para cada tuberia.

Tuberia diámetro interior = 4 m.m.
Viscosidad cinemática del aceite = 47 cst.
Número de Reynolds mayor a 2350

Entonces:

$$Q = \frac{2350 \times 0.47 \times \quad \times 0.4}{4}$$

$$Q = 347.0 \quad cm3/seg$$

Para los diferentes tuberias tenemos:

Diámetro Interior m.m	4	8	17	26	41
Caudal cm3/seg	347.0	694.0	1474.7	2255.4	3556.6

Por lo que el caudal mínimo de la bomba, para realizar la limpieza de estas tuberias debe ser de 8.327.7 cm3/seg, o su equivalente aproximado de 125 GPM.

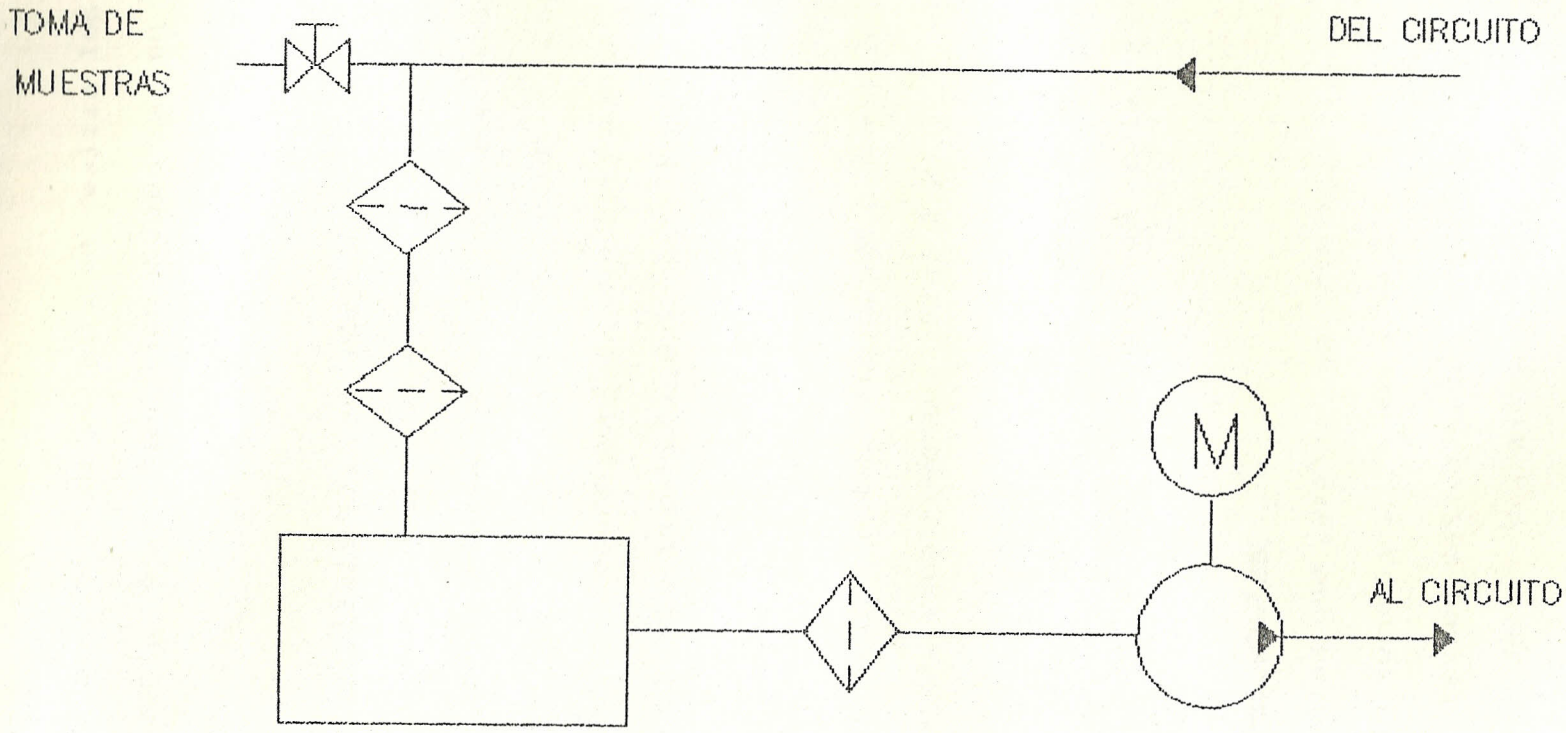
En el mercado local no se encontró una bomba que satisfaga esta necesidad por lo que se importó una bomba de doble paleta con capacidad de 25 GPM a 1500 PSI accionado por un motor de 440 VAC, 40 Hp a 1200 RMP.

Esta bomba tampoco cumple la necesidad de flujo, por cuya razón la limpieza de este sistema fue necesaria realizarla por partes.

La limpieza se realizó por recirculación durante 8 horas tomándose una muestra al retorno cada 2 horas, realizados los análisis de estas muestras, se encontró presencia de óxidos, sal e impurezas mayores a 10 micrones por lo que se efectuó esta recirculación 3 veces con cambio de aceite cada una de ellas hasta que se obtuvo impurezas de medida menor a 10 micrones.

Una vez realizada la limpieza el circuito fue sellado hasta que se acoplaran las válvulas y los actuadores.

En la Fig. # 4.1, se muestra un esquema del circuito utilizado.



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Circuito de Recirculacion	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 4 . 1
E :	Fecha :

4.2 Válvulas

De acuerdo al tipo de válvula se realiza los trabajos de mantenimiento o recuperación debido a su diferente configuración.

Válvulas de limitación de presión

Son válvulas de seguridad que evitan la rotura de órganos mecánicos e hidráulicos. Estas válvulas se llaman normalmente cerradas. Son o bien de acción directa, o bien pilotadas y están siempre montadas en derivación. Su tubo de drenaje puede ser interno o externo. Por lo general son regulables.

Estas válvulas están conformadas por una bola de acero, un asiento y un resorte. Fig. 4.2

El trabajo ejecutado en estas válvulas fue: rectificación de asiento, cambio de bola y resorte.

Válvulas de Secuencias

Son válvulas que permiten en principio la alimentación de un circuito secundario, cuando se alcanza en el circuito primario una presión determinada. Estas válvulas se llaman normalmente cerradas. Van siempre montadas en línea sobre

INFORME TECNICO DE GRADO

SISTEMA HIDRAULICO

Valvula de limitacion de presion

Dibujó : F. LAPO	Figura # : 4.2
Fecha:	Escala:

el circuito al que están destinadas, es la diferencia básica que existe con las válvulas de limitación de presión, ya que su constitución es similar.

A éstas válvulas se les realizó igual trabajo que a las válvulas de limitación de presión.

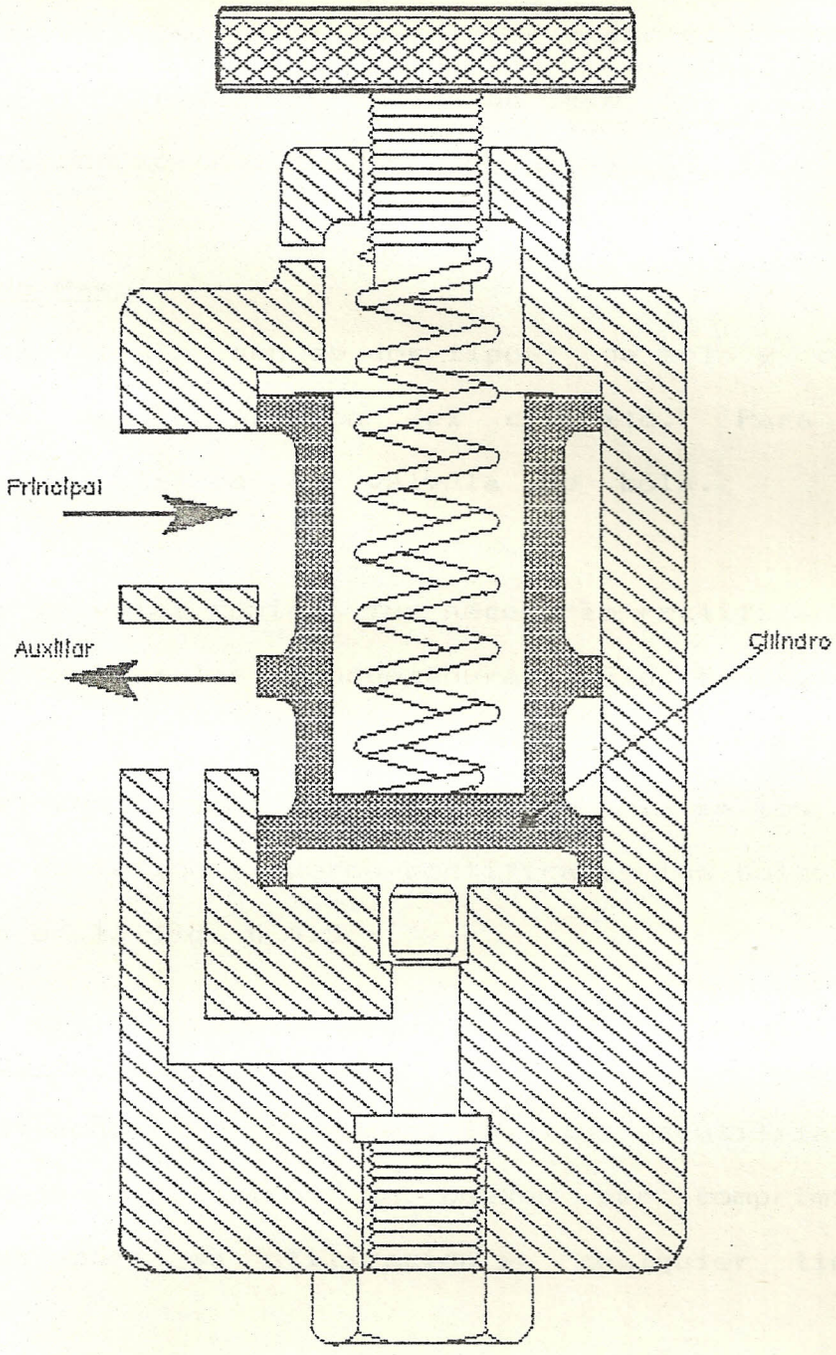
Válvulas de Regulación o de Reducción de Presión

Estas válvulas permiten mantener en su salida una presión constante, inferior a la que existe en su entrada. Se dice que están normalmente abiertas, en consecuencia, cuando la presión de entrada es inferior al calibrado de la válvula, el paso entre la entrada y la salida está abierto del todo. Fig. # 4.3.

A estas válvulas se les cambió el cilindro interior por cuanto presentaban rayaduras.

Válvulas de Equilibraje

Se utilizan para controlar un actuador vertical de tal forma que se evite su descenso libre, debido a la fuerza de la gravedad.



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Valvula reguladora de presion de accion directa	
Dibujó : F. LAFO	Figura # : 4 . 3
E :	Fecha

A estas válvulas se les cambió resorte y rectificó asientos, al efectuar pruebas no dió los resultados necesarios, por lo cual fueron cambiados.

Válvulas de Paso

Estas válvulas son de dos tipos: de bola y cónicas; dependiendo de la presión del circuito. Para altas presiones se utiliza la válvula de bola.

A las válvulas cónicas fue necesario rectificarles los asientos y cambiar las empaquetaduras. Fig. # 4.4.

Por el contrario a las válvulas de bola se les cambió el asiento de teflón y fueron rectificadas las bolas, como se muestra en la fig. # 4.5.

4.3 Acumuladores y Depósitos

A diferencia de los gases, los fluidos utilizados en los sistemas hidráulicos no pueden ser comprimidos y almacenados para su utilización en cualquier tiempo o lugar.

Cuando *puede utilizarse*, la ventaja de un acumulador consiste en suministrar un medio de almacenar fluidos incomprensibles bajo presión.

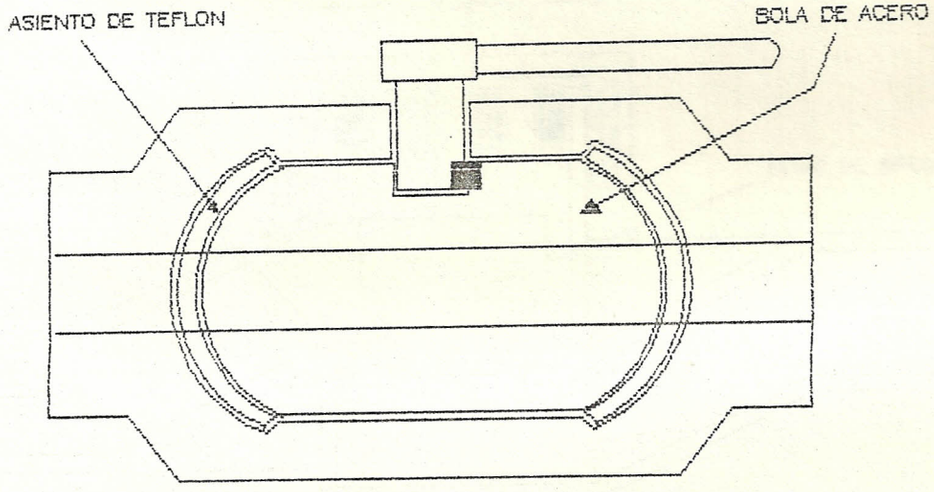
El acumulador más utilizado es el de la cámara cargada con un gas inerte, generalmente nitrógeno seco. Un acumulador debe cargarse cuando está vacio de fluido hidráulico. La presión de carga del gas no debe ser inferior al 25% ni superior al 75% de la presión máxima de trabajo. La presión del acumulador varía en proporción a la compresión del gas, aumentando cuando entra el fluido y disminuyendo cuando sale.

Las fundas de elastómero de los acumuladores no presentaban fisuras visibles, pero por seguridad fueron cambiadas.

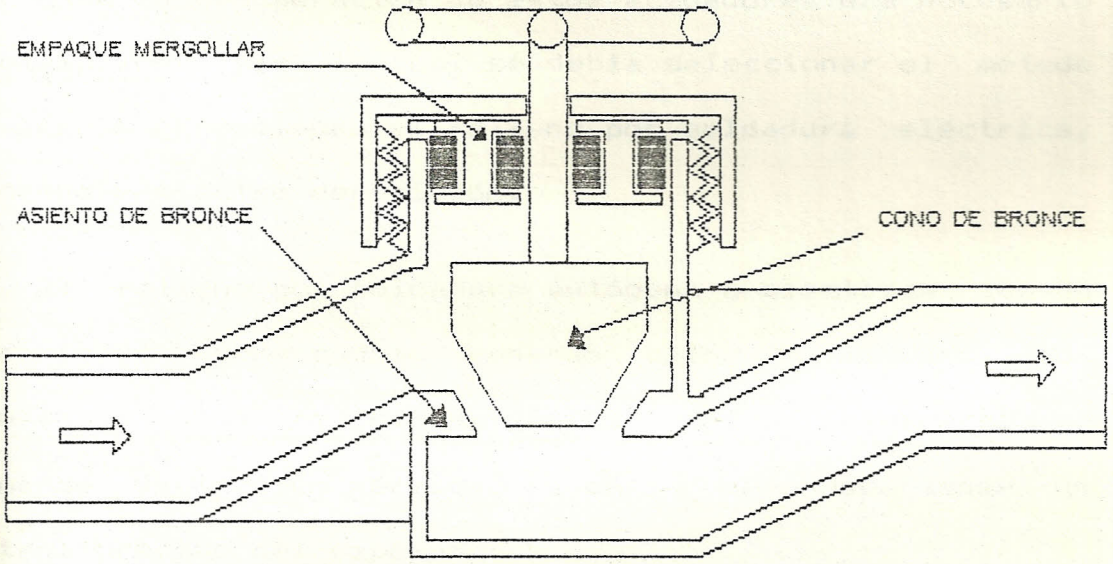
En lo referente a los depósitos o tanques, estos son fabricados con chapa de acero o aluminio. Tienen como función almacenar el fluido, compensar las fugas, proteger el fluido contra la suciedad y cuerpos extraños, complementar las funciones del filtrado.

En cuanto al depósito de este circuito hidráulico presentaba oxidación y depósitos de sal, debido a lo cual fue necesario limpiarlo, lijarlo, lavarlo con aceite, achicarlo, sellarlo y llenarlo con aceite.

No se utilizó agua por cuanto el ambiente es caliente y al sellar el tanque quedaría aire húmedo que se podría condensar y continuar oxidando el depósito.



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Valvula de paso : de bola	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 4 . 4
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Valvula de paso : de cono	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 4 . 5
E :	Fecha

4.4 Actuadores

Los actuadores que presentaban rayaduras era necesario recuperarlos porque de lo contrario, la pérdida de aceite, pérdida de presión y entrada de agua continuarían.

Para la recuperación de estos actuadores era necesario remetalarlos, para lo cual se debía seleccionar el método adecuado. Existiendo el relleno por soldadura eléctrica, autógena y electro deposición.

El relleno por soldadura autógena o eléctrica fueron descartados por cuanto generan calor y al ser los actuadores unos cilindros, estos podían deformarse o formarse distorsión térmica, además no se puede tener un control preciso del espesor.

Por ello se seleccionó el método de electro deposición de metal, desde una solución electrolítica concentrada, en áreas seleccionadas. Se utilizó el proceso SELECTRON que evita la utilización del tanque para inmersión del actuador.

En apariencia, el proceso SELECTRON trabaja como un soldador de arco. Una fuente de potencia DC con dos electrodos flexibles, uno que va a la pieza de trabajo y otro que toma la forma de herramienta para la deposición

(styli), es la parte básica y fundamental del proceso. Anodos de diferentes tamaños y forma (redondas, planos, cóncavos y convexos) son conectados al final del styli. Los ánodos son recubiertos con un material absorvente y luego saturados con el electrolito apropiado.

La conexión positiva de la fuente de potencia DC se sujeta por medio de un punzón de acople a un ánodo especial de grafito, conformado así: la herramienta de trabajo, y la conexión negativa es sujetado con una pinza sobre la pieza que se desea trabajar; el circuito eléctrico se completa cuando la herramienta es movida sobre la pieza de trabajo o cuando la pieza de trabajo es movida bajo la herramienta. Cuando el circuito está cerrado, el metal se deposita desde la solución líquida al metal base. La tasa de deposición es muy rápida, algunas veces asciende a *0.002" de espesor por minuto. Ver figura 4.6.*

Selección de ánodo

El metal es depositado en el área en que la *herramienta de trabajo hace contacto con la pieza de* trabajo. Como resultado de esto los siguientes pasos deben ser considerados:

a. El ánodo debe tener un óptimo contacto con el área de trabajo, aproximadamente 1/3 o 1/2 del área total cuando es un proceso manual.

b. El ánodo seleccionado debe tener la configuración de la pieza; por ejemplo, ánodos planos para partes planas, configuraciones cóncavas para diámetros exteriores.

c. Cuando el área a ser recubierta es grande, la máxima área de trabajo depende de la solución de deposición y la potencia de la fuente utilizada, así:

M = 2A/c, en donde

M = Máxima área de trabajo (plg2)

A = Amperaje de salida de la fuente (amp)

C = Densidad de corriente para la solución, bajo óptimas condiciones (amp/plg2)

Solución utilizada

a) Soluciones alcalinas y neutras son preferentemente utilizadas en metales base porosos, metales blancos y aceros de alta resistencia.

b) Soluciones ácidas son generalmente utilizados en aceros rápidos y materiales de estructura laminada.

Preparación del área

a) Limpieza del área, retirar grasos, aceites utilizando solventes, remover escamas y corrosión utilizando métodos mecánicos.

b) Remover cantidades residuales de aceite, grasas y películas finas de óxidos utilizando limpiador de contactos.

c) Lavar con agua.

d) Atacar la superficie con áccido a fin de remover corrosiones interiores.

e) Lavar.

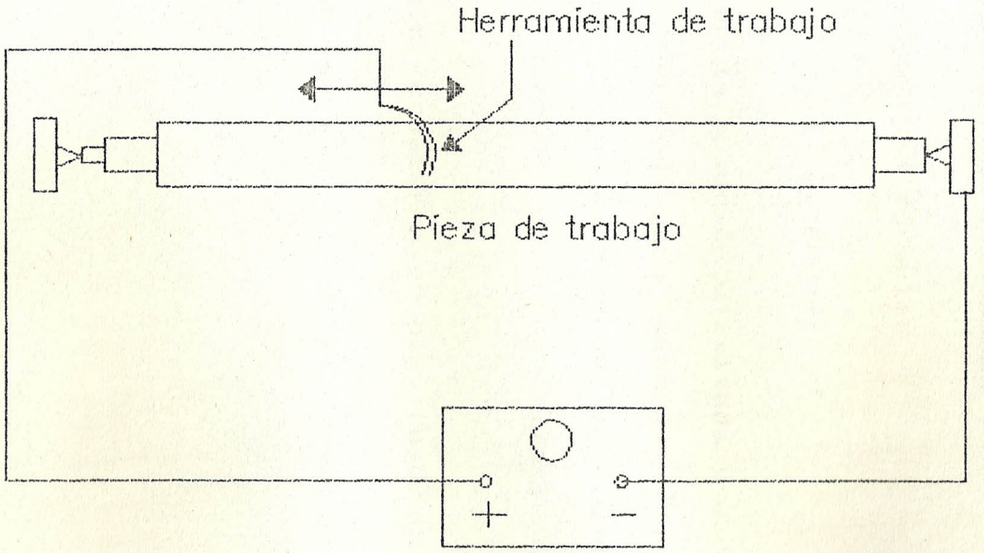
f) Activar la superficie cuando se trata de aleaciones de aluminio, aceros de alta resistencia, aceros inoxidables, cromo niquel o aleaciones de niquel. El propósito de esta activación es para quitar las características pasivas de las superficie de estos metales, esto se consigue haciendo circular corriente eléctrica.

g. Lavar

h. Secar utilizando aire seco o papel absorvente.

Control del espesor de la electrodeposición

La forma más común de controlar el espesor es midiendo los amperios-hora durante el proceso. Esta técnica es



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Remetalada de Actuador	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : 4 . 6
E :	Fecha

independiente del área de contacto y el tiempo. Sin embargo, los amperios hora solamente miden la cantidad de metal depositado, la distribución depende del tiempo de contacto sobre las áreas de trabajo.

Cálculo de amperios-hora requeridos

Se calculan mediante la fórmula:

Amp. Hr. = F x T x A, donde:

F = Factor de la solución utilizada y que son amperios hora requeridos para depositar un espesor de 0.0001 plg. en un área de un plg. cuadrada.

T = Espesor deseado en diez milésimas (0.000X) de pulgada.

A = Area a ser recubierta en plg. cuadrada.

A continuación en la Tabla VI se da valores F, según la solución utilizada.

TABLA VI

VALORES E SEGUN SOLUCION UTILIZADA

Solución	E
Cadmium Acid SPS 5050	60
Cadmium LHE SPS 5070	60
Crowmium SPS 5150	1370
Crowmium Acid. SPS 5155	1000
Copper Acid SPS 5250	120
Copper Neutral SPS 5290	130
Copper Alkaline SPS 5300	130
Nickel Acid HB SPS 5640	450
Nickel Acid SPS 5600	250
Nickel Neutral SPS 5650	250
Tin Acid SPS 5900	30
Tin Alkaline B SPS 5951	110

4.5 Pruebas

A fin de verificar los resultados de las reparaciones fue necesario realizar pruebas a cada uno de los equipos reparados.

Para determinar el grado de limpieza de las tuberías, se tomaron muestras del aceite de recirculación y se realizó los análisis en los laboratorios de LYTECA (TEXACO). Los resultados obtenidos son los mostrados en las siguientes tablas:

TABLA VII

Muestra: Aceite contaminado
HARMONY 46

Muestra #	1	2	3	4	5	6
Apariencia	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.
Olor	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado
Agua %	0.2	0.2	0.15	0.2	0.15	-
Viscosidad Cst/sus 40°C	65.57/304	65.57/304	60.70/282	65.57/304	60.70/282	46.72/217
Sedimentos %	0.8	0.4	0.6	0.4	0.2	0.2
Espuma Seu II	-	-	-	-	-	-
# Neutralización ST47-A	2.44	2.44	1.25	2.44	1.25	-

La muestra presenta sedimentos, su contenido de agua excede lo máximo tolerable, el número de neutralización sobrepasa los límites permisibles.

El aceite no puede continuar en servicio.

TABLA VIII

Muestra: Primera recirculación
SHELL TELLUS T27

Muestra #	1	2	3	4	5	6
Apariencia	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.
Olor	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado
Agua %	0.10	-	-	-	0.15	-
Viscosidad Cst/sus 40°C	56.25/260	46.54/217	46.72/217	46.72/217	60.70/282	46.29/216
Sedimentos %	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	-
Espuma Seu II	50	50	40	50	30	-
# Neutralización ST47-A	2.44	1.25	1.25	1.25	1.25	-

La muestra presenta sedimentos, su contenido de agua excede lo máximo tolerable, el número de neutralización sobrepasa los límites permisibles.

El aceite no puede continuar en servicio.

TABLA IX

Muestra: Segunda recirculación
SHELL TELLUS T27

Muestra #	1	2	3	4	5	6
Apariencia	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.
Olor	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado
Agua %	-	-	-	-	-	0.2
Viscosidad Cst/sus 40°C	46.54/217	46.72/217	46.72/217	46.29/216	50.61/235	65.57/304
Sedimentos %	-	-	-	-	0.2	0.4
Espuma Seu I	50	40	50	30	-	-
# Neutralización ST47-A	-	-	-	-	0.79	2.44

Los resultados obtenidos de las tomas 1, 2, 3 y 4 son satisfatorios.

La muestra 5 presenta incremento de viscosidad y presencia de sedimentos, por lo que se recomienda su cambio.

La muestra 6 presenta un excesivo incremento en su viscosidad, el número de neutralización sobrepasa los límites permisibles y su contenido de agua excede lo máximo tolerable. El aceite correspondiente no puede continuar en servicio.

TABLA X

Muestra: Tercera recirculación
SHELL TELLUS T27

Muestra #	1	2	3	4	5	6
Apariencia	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.	Amarillo Transp.
Olor	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado	Usado
Agua %	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Viscosidad Cst/sus 40°C	46.79/218	46.72/218	46.54/217	46.72/217	46.54/217	46.54/217
Sedimentos %	0	0	0	0	0	Trazas
Espuma Seu II	40	40	40	40	60	50
# Neutralización ST47-A	-	-	-	-	-	-

Los resultados obtenidos son satisfactorios, las muestras presentan su viscocidad dentro de rangos y libre de sedimentos.

En cuanto a las válvulas, una vez efectuada la reparación se les realizó prueba de estanqueidad, de acuerdo a su presión de trabajo y presión de prueba, indicada en manuales de mantenimiento de la Unidad. A las válvulas que no satisfacieron dichas pruebas se les realizó una nueva reparación a fin de obtener la estanqueidad necesaria.

En lo referente a los acumuladores, debido a que se les cambió la funda de goma, se les realizó prueba de estanqueidad a 95 bar.

A los actuadores, una vez realizado el remetalado se les efectuó la rectificación en torno a fin de obtener las medidas necesarias con una tolerancia de $\pm$ 0.010 mm.

Una vez armado el sistema completo con nuevos empaques y retenedores de neopreno, se procedió a drenar el aire del sistema el cual al ser comprensible podría causar pérdida de rapidez de respuesta de los actuadores y en el caso de los mástiles puede causar su caída brusca con los consiguientes daños a los equipos.

Luego de ser realizado el drenaje se pone en funcionamiento el sistema completo a fin de verificar la

estanqueidad del mismo, procediéndose a corregir las fugas de aceite presentes.

Los equipos fueron recibidos en taller según esquema de la Tabla XI y entregados al personal encargado del Submarino, según formato de la Tabla XII.

4.6 Costo de mantenimiento

El costo del mantenimiento se puede dividir en: mano de obra y materiales.

Mano de obra

El personal utilizado en la recuperación de este sistema, con su respectivo valor por H.H. es el siguiente:

Maniobras	MB	S/. 3.072,oo
Motoristas	MT	S/. 5.977,oo
Gasfiteros	GS	S/. 5.977,oo
Torneros	TR	S/. 5.157,oo

El Costo por accesorios se describe a continuación:

a) Válvulas

Para la reparación de las válvulas se utilizaron gasfiteros y torneros, con un promedio para cada válvula como sigue:

TABLA XI

ASTILLEROS NAVALES ECUATORIANOS

RECUPERACION DE SISTEMA HIDRAULICO

EQUIPO NOMBRE :

NUMERO :

CATALOGO # :

FECHA DE LLEGADA :

CONDICIONES DE LLEGADA :

ENTREGADO POR	RECIBIDO POR
NOMBRE:	
FIRMA:	

TABLA XII

ASTILLEROS NAVALES ECUATORIANOS

RECUPERACION DE SISTEMA HIDRAULICO

EQUIPO NOMBRE :

NUMERO :

FECHA DE ENTREGA :

TRABAJOS REALIZADOS :

PRUEBAS REALIZADAS :

ENTREGADO POR RECIBIDO POR

NOMBRE:

FIRMA:

Desmontaje y desarmada (GS)	1 1/2	HH
Rectificación y/o cambio de asientos (TR)	4	HH
Armada, prueba e instalación (GS)	2	HH

Lo que nos dá: 3 1/2 HH GS

4 HH TR

El costo por cada válvula reparada es de:

S/.5.977,oo X 3.5 + S/.5.157,oo X 4 = S/.41.547,50

Siendo la cantidad de válvulas reparadas de 133, el costo total es de S/.5'525.817,5 (1).

A las válvulas que están en buen estado y que son 49, solamente se les realiza limpieza, por lo tanto no se utiliza torneros y el costo de su mantenimiento es de:

49 X 3.5 X S/.5.157,oo = S/. 884.425,50 (2)

El valor total del mantenimiento de las válvulas corresponde a la suma de (1) y (2) que es:

S/. 6'410.243,oo (3).

b) Acumuladores

Se utilizó el siguiente personal por cada acumulador:

Desmontaje y montaje	MT	2 HH
	MB	8 HH
Cambio de funda y prueba	MT	8 HH

Lo que nos dá: 10 HH MT

8 HH MB

Por lo tanto el costo por cada acumulador sería de:

10 X S/.5.977,oo + 8 X S/.3.072,oo = S/.84.346,oo (4)

El valor total del mantenimiento de los ocho acumuladores es de: S/.674.768,oo (5).

c) Depósito

Para la limpieza del tanque se utilizó personal de maniobras con un total de 32 HH, por lo tanto el costo de ésta limpieza es de: 32 X S/.3.072,oo = S/.98.304,oo. (6).

d) Depósitos

En lo referente a los actuadores, debemos considerar el costo de la reparación que fue efectuado bajo contrato por la compañía: METALOCK DEL ECUADOR S. A., ubicada en la Avenida 6 de Diciembre 8351 y Rafael Bustamante; Tlf. No. 405-934 en Quito, y cuyo valor por cada actuador remetalado es de S/.4'000.000,oo.

Siendo los actuadores reparados en la cantidad de 8 tenemos que el costo de reparación es: S/.32'000.000,oo (7).

Para cada desmontaje e instalación de estos actuadores, el personal utilizado fue en promedio para cada uno:

Desmontaje y montaje	MB	32 HH
	MT	96 HH
	GS	16 HH

Entonces el costo de desmontaje y montaje de cada actuador es de:

32 X 3.072,oo + 96 X 5.977,oo + 16 X 5.977 = S/.767.728.oo.

El valor de desmontaje de los 8 actuadores es de: S/.6'141.824,oo (8).

Además, se debe considerar el servicio de grúa proporcionado por la compañía TRADECA y que es de 4 horas por cada actuador, por lo que el costo del servicio de grúa para los ocho actuadores es de:

4 X 8 x S/. 150.000,oo = S/.4'800.000,oo (9)

e) Tuberías

Para la limpieza de tuberías por recirculación, se emplearon un motorista y un maniobras durante 10 días por 8 HH; el costo de esta limpieza es de:

10 X 8 X 5.977 + 10 X 8 X 3.072 = S/.732.920,oo (10)

f) Pruebas

Para la prueba y corrección de fallas del sistema hidráulico completo se empleó personal de motoristas y gasfiteros de la siguiente manera:

MT : 3 personas X 8 HH/día X 10 días = 240 HH

GS : 3 personas X 8 HH/día X 12 días = 288 HH

Por lo tanto el costo de la prueba del sistema es de:

240 X 5.977 + 288 X 5.977 = S/.3'155.856,oo (11)

El valor de mano de obra de la recuperación de este sistema es la suma de los valores 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, que es: S/.54'013.915,oo.

Materiales

Para la recuperación de este sistema hidráulico, se utilizaron los siguientes materiales:

Denominación	Cantidad	Costo Unit. Sucres	Costo Total Sucres
Anillos O			
30 X 3 mm.	120 Und.	450	54,000.00
40 X 3 mm.	60 Und.	450	27,000.00
40 X 3 mm.	50 Und.	530	26,500.00
57 X 3 mm.	50 Und.	550	27,500.00
195 X 3 mm.	24 Und.	1300	31,200.00
45 X 5 mm.	120 Und.	750	90,000.00
60 X 5 mm.	60 Und.	850	51,000.00
90 X 5 mm.	20 Und.	1100	22,000.00
120 X 5 mm.	20 Und.	1250	25,000.00
57 X 5 mm.	40 Und.	920	36,800.00
Plancha de teflón			
100 mm.	15 Lb.	40000	600,000.00
76 mm.	10 Lb.	40000	400,000.00
25 mm.	35 Lb.	40000	1,400,000.00
3.5 mm.	15 Lb.	45000	675,000.00
Sellos automáticos			
ø 50 mm.	10 Und.	21500	215,000.00
90 mm.	20 Und.	35000	700,000.00
120 mm.	20 Und.	47000	940,000.00
Empaques de casco	6 Juegos	1250000	7,500,000.00
Aceite SHELL TELLUS T27	220 Gal.	5300	1,166,000.00
Fundas de neopreno	8 Unds.	446000	3,568,000.00
Empaque mergollar			
12 mm.	10 Lbs.	7400	74,000.00
6 mm.	15 Lbs.	7500	112,500.00
3.2 mm.	20 Lbs.	8000	160,000.00
2.4 mm.	22 Lbs.	8200	180,400.00
Filtros	8 Unds.	55000	440,000.00

Mangueras hidráulicas
SAE 100 R2A

ø 1 1/2"	20 Mts.	28000	560,000.00
ø 1"	25 Mts.	20000	500,000.00
ø 1/2"	10 Mts.	12000	120,000.00

Por lo tanto el costo de material utilizado es de: S/.19'701.900,oo y el costo del mantenimiento del sistema hidráulico es de: S/.73'715.815,oo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que:

- El daño de este sistema es grave, debido a que puede dejar inutilizados muchos equipos (actuadores), lo que ectaba al grado de operatividad del Submarino, esto es, pudo quedarse sin poder maniobrar, lo cual en una emergencia en inmersión llevaría a la pérdida de la Unidad, y pérdida de vidas humanas.
- En ASTINAVE existe personal técnico y mano de obra calificada. Por los conocimientos adquiridos en la E.S.P.O.L. y la práctica que se obtiene con los trabajos realizados.
- En el Ecuador existe personal que puede ser contratado para realizar trabajos complementarios a los sistemas hidráulicos, tales como el remetalado de actuadores y confección de retenedores.
- Los trabajos fueron realizados bajo determinadas normas, pero si existieran los laboratorios y talleres adecuados, estas reparaciones serían ejecutados a menor costo y con mayor rápidez.
- El trabajo fue realizado rápido debido a los conocimientos del personal y a la necesidad de operatividad del buque.
- El costo de la recuperación de este sistema fue bajo, ya que en un Astillero extranjero costaba 195000 dólares a más de gastos de viaje y viáticos.

Por ello se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para sistemas hidráulicos:

- El sistema no debe tener aire.
- El aceite debe ser completamente limpio.
- Cambiarse periódicamente el sistema de filtrado.
- Utilizar mangueras hidráulicas con trenzado metálico resistente a la presión de trabajo, con su respectivo manguera de seguridad y cuyo recubrimiento interior sea resistente al fluido a utilizarse, siendo en el caso del aceite: el neopreno, vitrilo, teflón.
- Cuando sea necesario desmontar alguna pieza del sistema, las cañerías deben protegerse contra las impurezas del ambiente.
- Utilizar los retenedores y/o sellos según las medidas y materiales indicados en los manuales de los fabricantes.
- Los actuadores deben tener protección exterior y limpiadores a la entrada de la camisa a fin de evitar: el daño de los retenedores y formación de rayaduras.

Además, es necesario implementar un banco de pruebas a fin de que en taller no solamente se pruebe estanqueidad de las piezas, sino también su funcionamiento.

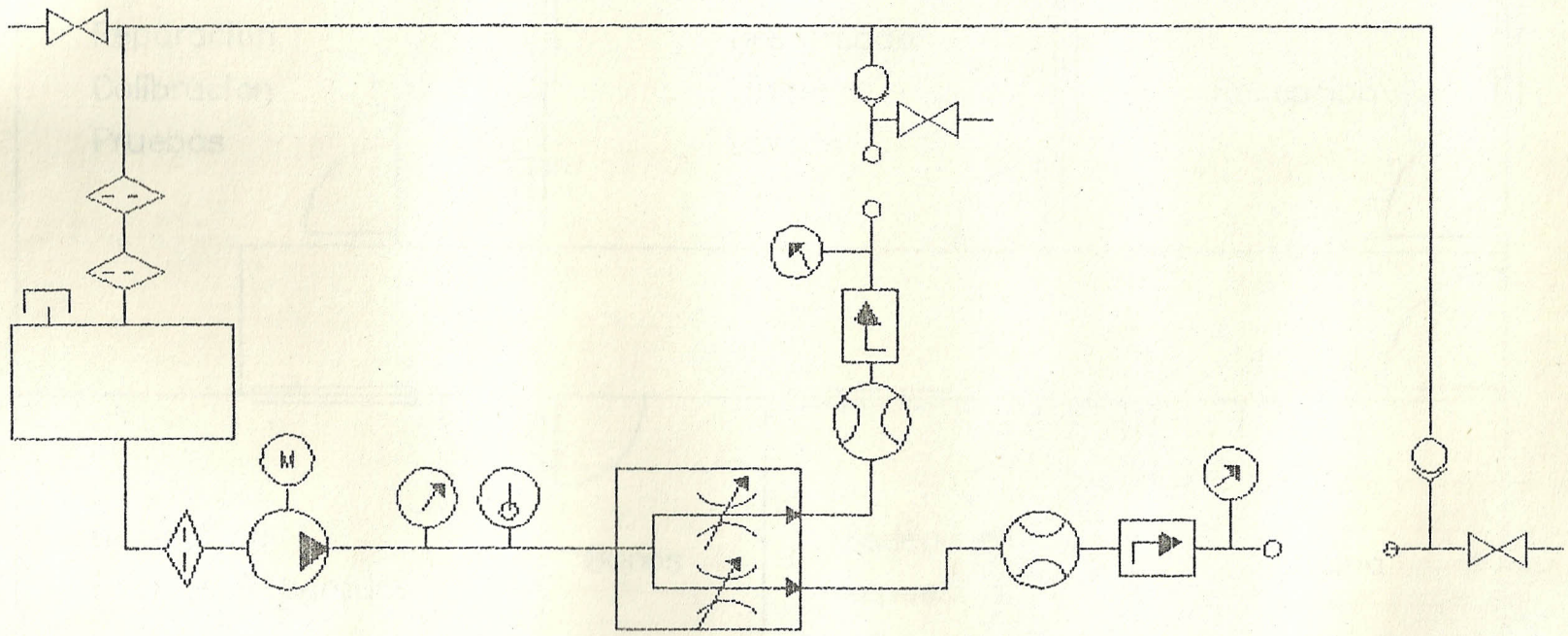
Este banco de pruebas debe tener como accesorios básicos los siguientes elementos:

- Bomba.

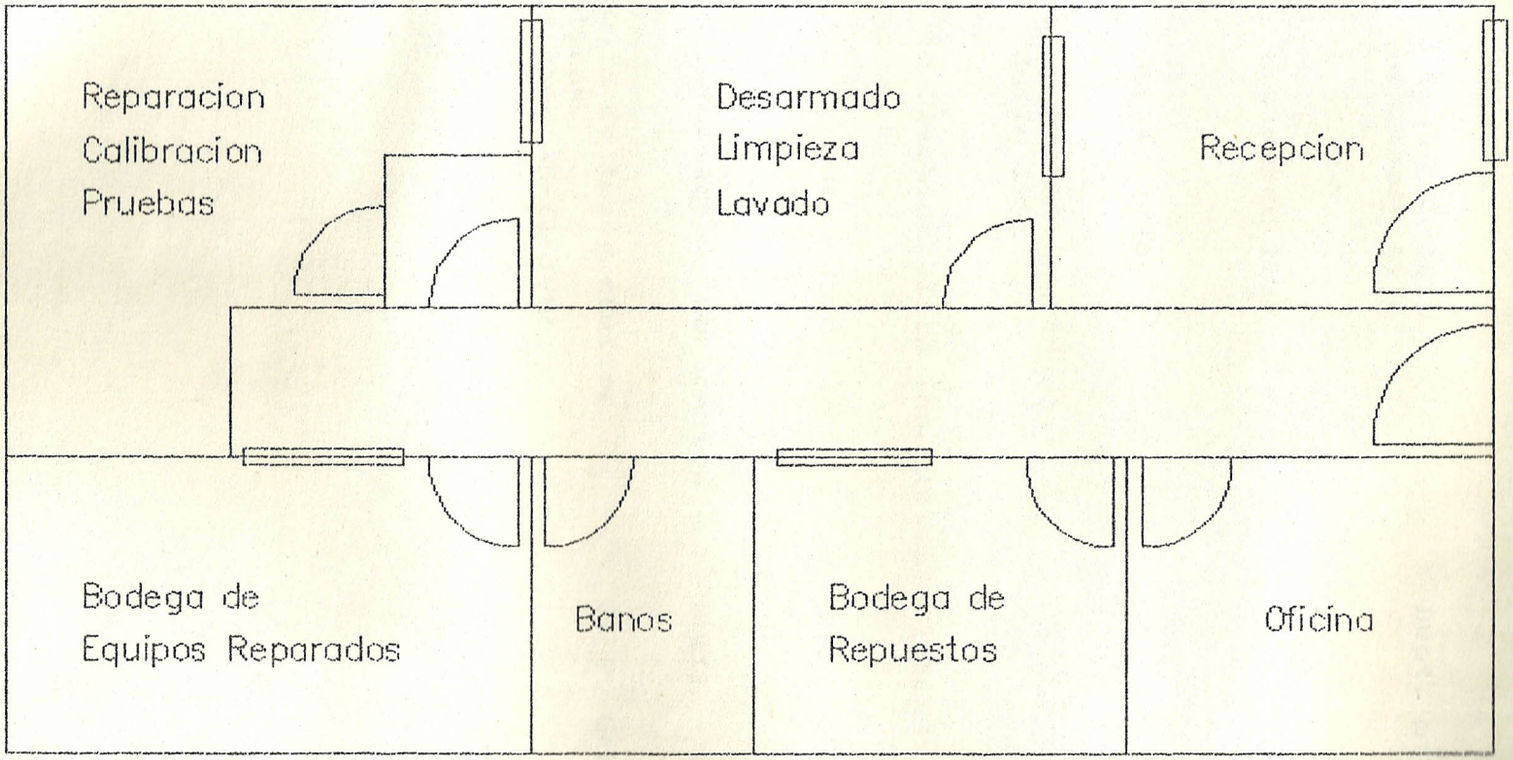
- Sistema de filtrado
- Depósito
- Respiradero
- Visor
- Válvula cheque
- Manómetro de descarga
- Termómetro
- Regulador de caudal
- Regulador de presión
- Manómetro diferencial
- Válvula direccional manual
- Tomas para prueba
- Medidor de torque
- Medidor de flujo
- Estructura para los equipos.

En la figura R1 se muestra un ejemplo de banco de pruebas básico para los actuadores, con acoples rápidos y al cual se le pueden añadir los accesorios de acuerdo a la necesidad de cada actuador.

Dicho banco de pruebas debe estar ubicado en un área determinada para estos trabajos y cuya distribución podría ser como se indica en la figura R2.



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Banco de pruebas conaccesorios basicos	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : R 1
E :	Fecha



INFORME TECNICO DE GRADO	
SISTEMA HIDRAULICO	
Laboratorio de Reparacion Y Pruebas	
Dibujó : F. LAPO	Figura # : R 2
E :	Fecha

Bibliografía

NAVSHIPS 0900-038-6010 September 1972	Dept. of The Navy USA
MIL-STD-865B September 1986	USAF
MIL-STD-865A April 1976	USAF
Informaciones Internacionales Julio 1991	METALOCK - England
Manual de Oleohidráulica Industrial	VICKERS
Seminario de Lubricación Abril 1983	GULF - Quito, Ecuador
Folleto Información lubricantes	SHELL - CELSA, Gquil.
Tecnología de los circuitos hidráulicos. 3ra. Edición Abril 1986	J. P. Groote